

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Bakalářská práce

**Metody vyhledávání koroze na draku letounů všech typů při provádění
údržby**

The All Type of Airframes Rust Search Duting the Maintenance Technigue

Student:

Radim Fokt

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Kolarczyk

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě:

.....
plné jméno diplomanta

U Dálnice 4
Mohelnice
789 85

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

FOKT, Radim: *Návrh metod vyhledávání koroze na draku letounů (všech typů) při provádění údržby*, Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava 2009, 57 stran, bakalářská práce, vedoucí Kolarczyk, P.

Obsahem této bakalářské práce je návrh metod vyhledávání koroze na draku letounů. Řešení tohoto problému není zaměřeno jen na jeden typ letadla, nýbrž na letadlové celky více typů letadel. Jsou zde popsány jednotlivé typy koroze LC a příčiny jejich vzniku. Dále tato práce seznamuje se stávajícími metodami vyhledávání koroze a příslušnými metodami jejího odstranění. V další části práce je návrh nových metod vyhledávání koroze, následovaný ekonomickým zhodnocením a porovnáním efektivnosti oproti starším metodám.

Klíčová slova

Koroze, vyhledávání koroze, nové metody vyhledávání, odstranění koroze, ekonomika, efektivnost

ANNOTATION OF THESIS

FOKT, Radim: *Proposal for the Methods of the Search for Rust on an Airframe (of all types) During the Maintenance*. Ostrava: Institute of transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava 2008, 57 pages, bachelor work, head: Kolarczyk, P.

The bachelor thesis covers the proposal of the methods of search for rust on an all airframe types during the maintenance. The solutions are not specifically related to one aircraft type, instead they are guidelines for all aircraft units. There are described various types of aircraft unit rusts and their causes in this work. Furthermore, the existing methods of the rust detection and its removal are presented followed by presentation of new rust detection methods, their economical and efectivity evaluation and comparison to standard methods.

Key words

Corrosion, search of corrosion, new methods of searching, removal of corrosion, economy, efficiency

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Seznam použitých zkratk	7
1. Úvod	8
2. Základní pojmy, druhy koroze na LC	9
2.1 Povrchová koroze.....	10
2.2 Galvanická koroze.....	11
2.3 Štěrbinová koroze.....	11
2.4 Bodová koroze.....	13
2.5 Nitková koroze.....	15
2.6 Exfoliace.....	16
2.7 Koroze pod mechanickým napětím.....	17
2.8 Mikrobiální koroze.....	18
2.9 Koroze působením chemických látek.....	19
2.10 Koroze za přítomnosti rtuti.....	20
2.11 Koroze vlivem vibrací.....	21
2.12 Erozní koroze.....	22
2.13 Koroze obětované elektrody.....	24
3. Stávající metody a způsoby vyhledávání koroze na LC	25
3.1 Pravidelná inspekce, exponovaná místa.....	25
3.2 Zvláštní kontroly koroze.....	26
3.3 Metody a zařízení pro vizuální kontrolu koroze.....	26
3.4 Penetrační metody.....	29
4. Nové metody vyhledávání koroze při údržbě LT	30
4.1 Metoda vířivých proudů.....	31
4.2 Metoda ultrazvuku.....	33
4.3 Rentgenová metoda.....	35
4.4 Magnetická metoda.....	37
4.5 Praktické využití.....	38
5. Metody odstranění koroze	47
5.1 Příprava a bezpečnost práce.....	47
5.2 Mechanická metoda.....	48
5.3 Chemická metoda.....	51

5.4 Ochrana opravovaných míst.....	51
6. Efektivita a ekonomika nových metod vyhledávání koroze.....	52
7. Závěr.....	53
8. Seznam použité literatury.....	55
9. Přílohy.....	56

Seznam použitých zkratek

LC.....	Letadlový celek
LT.....	Letadlová technika
ATA.....	Předpis pro programové vybavení leteckých palubních systémů a výstroje z pohledu osvědčování jejich způsobilosti
NDT.....	Nedestruktivní zkoušení
SB.....	Servisní bulletin
AMM.....	Manuál údržby letadla
SRM.....	Manuál oprav letadla
LH.....	Díly na levé straně letadle
RH.....	Díly na pravé straně letadle

1. Úvod

Prvním poháněným letem člověka vzduchem na stroji těžším než vzduch začala nová epocha cestování. První let bratří Wrightů v roce 1903 znamenal praktické uskutečnění odvěkého lidského snu létat. Na tento úspěch navázal rychlý rozvoj letectví a je přirozené, že se objevily úvahy, jak tyto stroje prakticky využít. Objevily se myšlenky na přepravu lidí a nákladů, které ovšem z části utlumila 1. světová válka.

Po první světové válce velký rozvoj zaznamenalo létání za účelem přepravy nákladů i cestujících. Tato skutečnost si nevyhnutelně vyžádala neustálé zvětšování letadel a v souvislosti s tím i zavádění pro leteckou techniku nových materiálů. Tím se staly hlavně kovy. Na pevnostní konstrukční uzly oceli a na primární konstrukci letadla především slitiny lehkých kovů, nejvíce tedy hojně dostupného hliníku. Jako průkopníka v kovových konstrukcích dopravních letadel lze uvést německého konstruktéra Hugo Junkerse a jeho charakteristickou konstrukci, z 20. let minulého století, s použitím vlnitého duralového plechu.

Po 2. světové válce nastal prudký rozvoj civilního letectví a tedy i další zvětšování letadel. Kovové materiály v tomto období již plně vytlačily materiály ostatní a stále ve větší míře se projeví i problémy, které použití kovů s sebou přináší. Je to koroze kovů, která může vážně ohrozit požadovanou pevnost konstrukce jednotlivých letadlových celků.

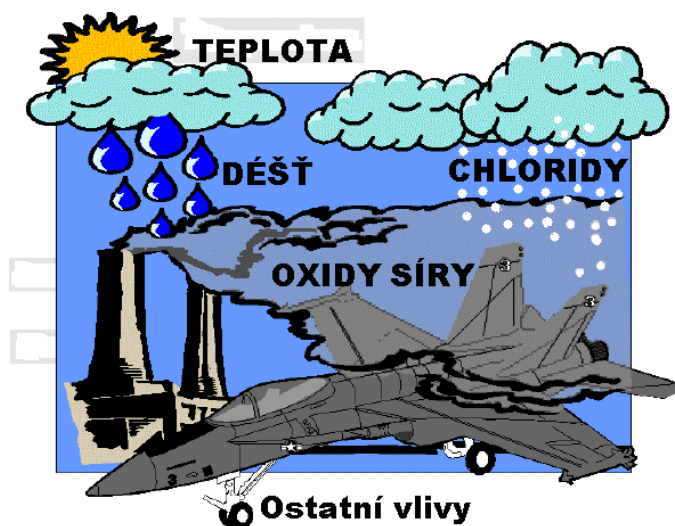
Tato práce se, na následujících stranách, zabývá problematikou koroze na LT. Nejprve jsou uvedeny nejčastější druhy koroze, poté přehled v současnosti používaných metod vyhledávání koroze a následuje návrh nových metod vyhledávání koroze. Je zde také uveden příklad použití těchto metod na konkrétním pracovním úkolu – kontrole ložiskových pouzder podvozkových noh letounu SAAB 340 na vrypy a korozi. Práce dále pokračuje stručným přehledem metod odstranění koroze a v závěru je uvedeno ekonomické a efektivní zhodnocení navrhovaných metod.

Cílem této práce je navrhnout postup použití moderních metod nedestruktivního zkoušení materiálů pro vyhledávání koroze na LT. Dále má za cíl zhodnotit navrhované metody z hlediska efektivity a ekonomiky v porovnání se současnými metodami detekce koroze na letecké technice.

2. Základní pojmy, druhy koroze na LT

Se zaváděním kovů a hlavně slitin hliníku do konstrukce letadel se začali objevovat nové problémy, které pro tradiční materiály, jako příklad dřevo, byly dosud neznámé. Tyto problémy způsobuje koroze kovů. Koroze představuje pro provoz letadel vážné riziko. Jedná se hlavně o snížení pevnosti konstrukčních prvků, vyrobené z kovových materiálů, převážně hliníkových slitin a ocelových součástí.

Proces koroze lze nejjednodušším způsobem charakterizovat jako samovolné poškozování materiálu vlivem reakcí s okolním prostředím. Tyto reakce s prostředím jsou elektrochemického charakteru. Výsledkem těchto samovolných reakcí je zejména zhoršování původních vlastností materiálu, které může vyústit až v jeho úplné znehodnocení. Kromě tohoto je zde přítomnost i doprovodných jevů, jakým je např. vznik elektrochemického napětí. Intenzita korozních procesů je v průběhu času různá, periody velmi intenzivní koroze tak mohou ujít pozornosti kontrolních pracovníků, což může vyústit až k úplné destrukci části zařízení LT. Jen pro zajímavost, podle odhadů velké průmyslové podniky utratí celkem ročně zhruba padesát miliard dolarů na řešení problémů způsobených korozí.



Obr. 2.1 Příklad některých korozních prostředí, ovlivňujících rychlost a rozsah koroze LT.

Při korozním procesu vznikají produkty, které absorbují vodu. Zkoncentrováním aktivních iontů (chloridů) v místě koroze dochází k urychlení a rozšíření koroze. Vhodnými podmínkami pro vznik koroze je rozdílný elektrický potenciál (vytvoření anody a katody, kdy

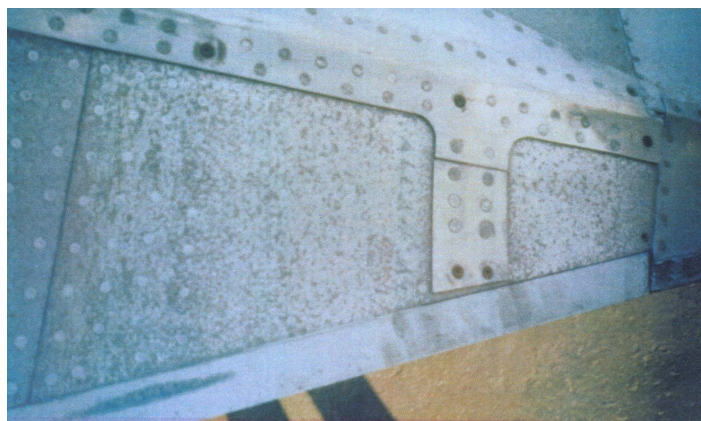
koroduje více aktivní z nich tj. anoda). Dalšími podmínkami je přítomnost elektrolytu, kdy jej tvoří nejčastěji voda a vodivé spojení mezi anodou a katodou.

Nejvíce ohrožená místa na LT jsou místní změna materiálu, záhyby, prohlubně atd., ale i výrobní vady materiálů – vměstky. Dalšími lokacemi mohou být místa vystavená agresivním chemikáliím a to i při nestrávně použitých chemikáliích při údržbě.

2.1 Povrchová koroze

Toto korozní napadení charakterizuje plošné napadení materiálu, tj. na větší ploše a do malé hloubky. Hlavními korozními prostředími jsou nečistoty v atmosféře, průmyslové znečištění, průmyslová chemie, mořské prostředí, eroze (déšť, kroupy a písek postupně odstraňují ochranný nátěr). Provozem LT v nižších letových výškách se tato více vystavuje uvedeným vlivům, hlavně prachu a nečistotám v atmosféře. Na rozvoj povrchové koroze může mít vliv dále např. kondenzace v kabině, úniky kapalin v bufetech a toaletách nebo nedostatečná údržba.

Na LT jsou možné lokalizace, kde se povrchová koroze vyskytuje například nelakovaná místa, povlakované hliníkové plochy, nelakované ocelové spojovací prvky a další.



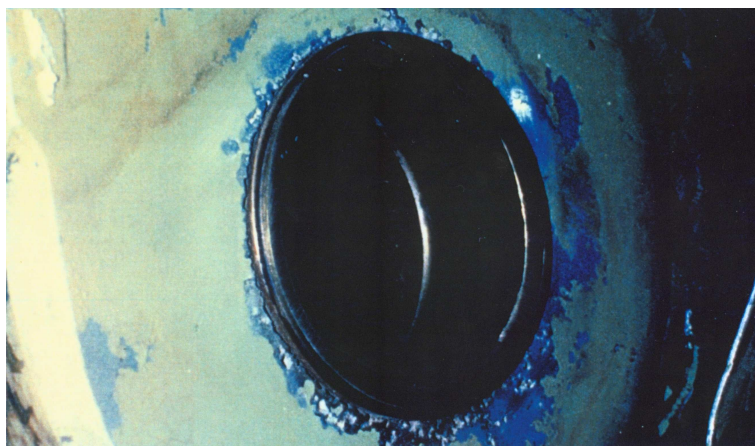
Obr. 2.1.1 Povrchová koroze.

Zanedbání údržby a neodstranění povrchové koroze může mít za následek vznik důlkové koroze nebo mezikrystalické koroze, dále také urychlení korozního napadení vedoucího až ke kompletnímu proděravění konstrukce letadla nebo dílu. Při údržbě a antikorozní kontrole lze povrchovou korozi odhalit vizuální metodou a odstranění je možné provést mechanickou nebo chemickou cestou.

2.2 Galvanická koroze

Vzniká při spojení dvou elektrochemicky odlišných kovů a jejich vystavením koroznímu prostředí. Je to druh elektrochemické koroze, kdy ušlechtilejší kov, který zaujímá postavení katody, koroduje pomaleji než by korodoval sám. Kov méně ušlechtilejší, který zaujímá postavení anody, naopak koroduje rychleji než v případě, kdy není s druhým kovem vodivě spojen. Tento jev je využíván v praxi při tzv. katodické ochraně obětovanou anodou (viz. níže - koroze obětované elektrody, bod 2.13). Neúmyslná galvanická koroze je však většinou jevem nežádoucím.

Největší vliv na rychlost korozní reakce má anoda i katoda, anebo obě navzájem, antikorozní ochrana katody a anody a také plocha katody a anody. Na letadlové technice tento druh koroze existuje vždy. Proto je při konstrukci LT co největší snaha o minimalizaci galvanické koroze. Problém galvanické koroze platí i pro spoje slitin hliníku a uhlíkových kompozitů. Hlavními faktory ovlivňující korozní prostředí jsou nevhodně zvolené materiály, špatné odizolování nebo nedostatečná eliminace elektrolytu. Dalšími faktory, které ovlivňují rozsah galvanické koroze jsou velikost anody, poškození nátěrů, špatná drenáž, nedostatečné odizolování, poškozené galvanicky nanášené ochranné vrstvy. Zanedbání údržby a odstranění má za následek korozi vedoucí až k strukturnímu poškození konstrukce LT.



Obr. 2.2.1 Galvanická koroze na rozhraní bronz – Al slitina.

2.3 Štěrbínová koroze

Štěrbínová koroze je typově elektrochemická koroze. Je to místní typ koroze, která se rozvíjí v místech s úzkými štěrbinami nebo mezerami mezi kovovým povrchem a dalším

povrchem (kovovým i nekovovým). Na slitinách hliníku je to nejběžnější forma koroze. Dochází k ní v místech, kde je malé množství elektrolytu částečně odděleno od zbylého vnějšího elektrolytu. Tato místa vznikají v praxi například mezi dvěma plechy spojenými nýty, šrouby, bodovými svary, pod podložkami, těsněními apod. Příklad štěrbinové koroze vznikající na nevhodně zvoleném svarovém spoji je na obrázku níže.



Obr. 2.3.1 Štěrbina ve svarovém spoji.

Průběh rozvoje štěrbinové koroze je následující: kyslík rozpuštěný ve vodném elektrolytu je spotřebován depolarizační reakcí a vzhledem k tomu, že je roztok uvnitř štěrbiny obtížně vyměňován, je omezen i přístup dalšího kyslíku. Kvůli deficitu oxidačního činidla se povrch štěrbiny stává anodou, kde převládá oxidace kovu. Elektrony uvolňované touto reakcí jsou kovem přenášeny k povrchu mimo štěrbinu, kde není omezen přístup rozpuštěného kyslíku. Toto okolí štěrbiny se tak stává katodou. Náboj kovových kationtů ve štěrbině je obvykle kompenzován přísunem chloridových aniontů ze zbylého roztoku. Hydrolyzou iontů kovu se tak roztok uvnitř štěrbiny dále okyseluje, čímž vzrůstá jeho agresivita. Dochází tak k porušení původní pasivní vrstvy kovu a tím ke korozi kovu v aktivním stavu.

Hlavním faktorem, ovlivňujícím vznik štěrbinové koroze je přítomnost chloridu sodného NaCl. Ten se vyskytuje například při provozu letadel v přímořských oblastech, v okolí toalet v letadle, v místech možných úniků kapalin v nákladních prostorech nebo v lepených spojkách. Prvotní napadení jednotlivých dílů štěrbinovou korozí (tzv. korozní buňky) je obtížně zjistitelné.

Prevence před vznikem štěrbinové koroze spočívá v konstrukčních úpravách, které vylučují vznik konstrukčních štěrbin, nespojitých svarů nebo omezují vznik úsad. Její vznik lze také potlačit vyloučením nasákových těsnících materiálů a materiálů uvolňujících agresivní složky. Dalším možným důvodem vzniku štěrbin je samotná drsnost spojovaných materiálů. Samozřejmě je možné problém štěrbinové koroze řešit také výběrem vhodného, korozi odolnějšího materiálu, nebo úpravou provozního prostředí. Elektrochemická ochrana je většinou málo účinná.

Při údržbě letadlové techniky tomuto typu koroze lze částečně předcházet mytím a čištěním jednotlivých celků, kontrolou vypouštění odpadních vod pomocí drenážních otvorů a dále také kontrolou lepených spojů.



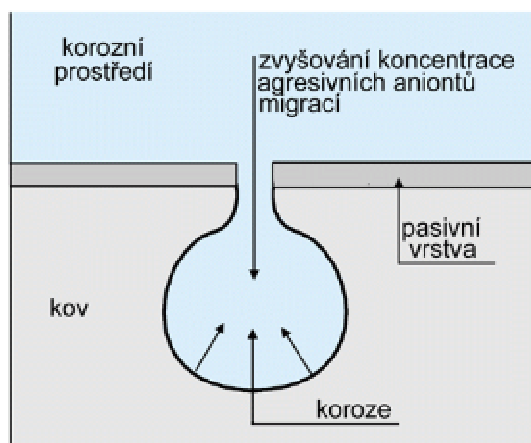
Obr. 2.3.2 Těžké napadení potahového plechu křídla štěrbinovou korozí.

2.4 Bodová koroze

Bodová koroze je lokalizovaný elektrochemický korozní děj, kdy vznikají na povrchu kovu hluboké důlky a okolní povrch zůstává bez pozorovatelného napadení. Při tomto ději má katoda velkou plochu a anoda malou plochu. Tento druh korozního napadení vzniká na celé řadě pasivovatelných kovů, nejčastěji ale na korozivzdorné oceli, hliník a jeho slitiny také podléhají bodové korozi a vedle chloridů způsobují bodové napadení hliníku také velmi malé koncentrace iontů ušlechtilých kovů (např. mědi nebo rtuti). Při lokálním porušení zapasivovaného povrchu dochází k bodovému napadení, při němž vznikají různě hluboké důlky často s velmi úzkým hrdlem. Vznik je v podstatě stejný jako u koroze štěrbinové, jen snad s tím rozdílem, že zárodek „štěrbiny“ resp. důlku vzniká samovolně. K iniciaci je zapotřebí dostatečná oxidační schopnost prostředí a přítomnost nepasivujících, nejčastěji chloridových iontů.

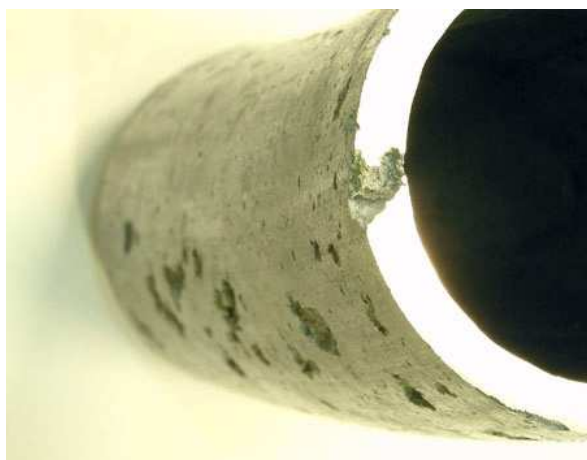
Mechanismus vzniku bodové koroze spočívá v napadení kovu na místech, kde je oslabena pasivní vrstva (např. jsou zde vměstky nebo hranice zrn) za současné přítomnosti agresivních iontů v roztoku. V tomto oslabeném místě pasivní vrstvy vzniká důlek, ve kterém vzrůstá koncentrace agresivních iontů a korozních produktů. Klesá zde proto hodnota pH. Vzniká důlek s malým rozměrem ústí, které nedovoluje výměnu roztoku uvnitř důlku (viz.

obr. 2.4.1). Vznikají tak stále agresivnější podmínky a koroze se šíří dále do hloubky. Lokalizace korozního napadení je způsobena tím, že aktivně korodující vnitřek důlku je obětovanou anodou pro ostatní pasivní povrch. Bodová koroze je často doprovázena i vznikem štěrbinové koroze anebo podporuje také erozní napadení jednotlivých dílů.



Obr. 2.4.1 Princip vzniku bodové koroze.

Místem vzniku bodové koroze jsou nejčastěji únavové trhliny nebo lomy. Vlastní koroze se zastaví, ale zkorodované místo zůstává. Jedinou možnou prevencí je kompletní odstranění zkorodovaných bodů. Na LT se vyskytuje na místech se znaky úsad. Hlavními faktory ovlivňující vznik bodové koroze je přítomnost elektrolytu, poškození ochranných vrstev (např. nátěry nebo galvanické povlaky). Dále může ke vzniku bodové koroze přispívat také hrubě obrobený povrch materiálu součásti LT.



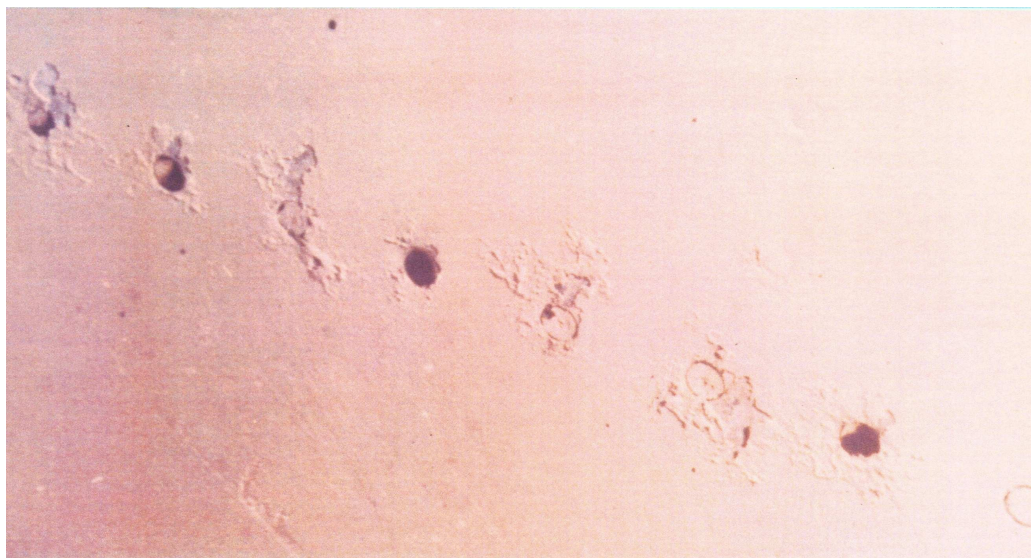
Obr. 2.4.2 Bodová koroze hliníku ve vodě s obsahem chloridů.

K potlačení korozních projevů bodové koroze napomáhá i pohyb prostředí a snížená teplota. Možná je také elektrochemická ochrana, hlavně katodická, která eliminuje oxidační podmínky na povrchu.

2.5 Nítková koroze

Nítková koroze existuje jen pod nátěrem na kovech, kde vznikají tzv. korozní buňky (vakance mezi povrchem kovu a nátěrem). Jako aktivátor děje nítkové koroze funguje NaCl. Stabilní korozní produkty o vysokém pH zaujímají postavení katody. Dále jsou zde přítomny sodné kationty Na^+ . Elektrolyt o nízkém pH, obsahující chloridové anionty Cl^- , tvoří anodu.

Hlavními příčinami vzniku nítkové koroze na LT jsou: poškození nátěru, přítomnost vody, vlhkost vzduchu větší 65% anebo zkoncentrování chloridů v místě koroze.



Obr. 2.5.1 Napadení řady nýtů nítkovou korozí.

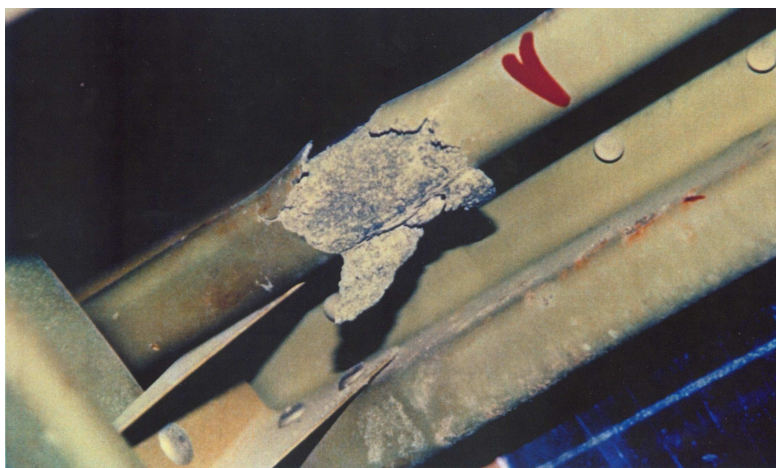
Zanedbání údržby nítkové koroze je zpočátku jen kosmetickým problémem, při propagaci se urychluje šíření této formy koroze, při dalším postupu je možný vznik mezikrystalické koroze. Prevence proti nítkové korozi je vizuální kontrola nýtových řad anebo mytí vnějšího povrchu LT.

Na LT se nejčastěji vyskytuje v podobě poškozeného nátěru, zejména v oblastech nýtových řad a dalších spojovacích prvků.

2.6 Exfoliace

Exfoliace je typově mezikrystalická koroze, která je zároveň také příkladem vlivu strukturních změn kovu na jeho korozní odolnost. Příčinou mezikrystalické koroze je strukturní a chemická nehomogenita kovu na hranicích zrn. Mezikrystalická koroze má formou nerovnoměrného korozního napadení, projevující se hlavně u korozivzdorných ocelí po tepelném zpracování, při němž na hranicích zrn vznikají oblasti ochuzené o chrom v důsledku tvorby karbidů bohatých na chrom popř. vznikají další fáze s odlišnými elektrochemickými vlastnostmi nebo také hliníku a jeho slitin anebo dalších kovů, např. mědi, zinku, hořčíku, olova.

Mezikrystalická koroze hliníkových slitin se vyskytuje (většinou ve formě exfoliace) na hranicích zrn materiálu. Na LT se vyskytuje v místech, kde jsou tvářené materiály s typickou texturou. Tzn., že výskyt lze určit na místech, kde došlo k poškození ochranné vrstvy kovů (např. nátěr nebo galvanický povlak) nebo došlo vlivem leptání chemickými látkami, případně mechanickým obráběním, k poškození či přerušení typické textury daného kovu. Dále také ovlivňují vznik a rozvoj exfoliace vlhkost okolního prostředí, přítomnost elektrolytu v napadeném místě nebo agresivních chemikálií na holém kovu.



Obr. 2.6.1 Podélník napadený exfoliační korozí.

Kovový materiál, který koroduje mezikrystalicky, ztrácí mechanickou pevnost bez pozorovatelné vzhledové změny. Je to způsobeno tím, že za určitých podmínek přednostně koroduje v úzkém pásmu na hranici zrn, která pak vzájemně ztrácejí soudržnost.

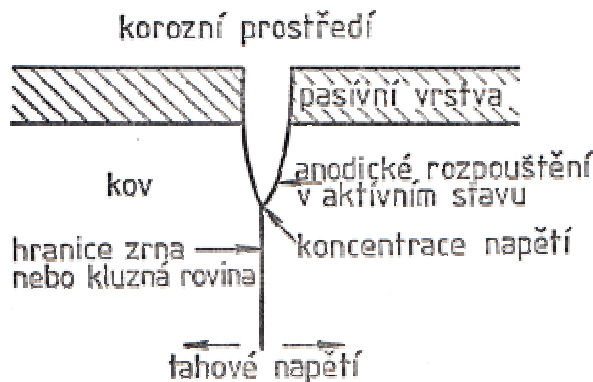
Nejrychlejší průběh má mezikrystalická koroze za podmínek, kdy ochuzená část kovu koroduje v aktivním stavu a ostatní povrch je v pasivním stavu. Mimo tento způsob napadení

existuje ještě napadení, kdy je ochuzený kov i okolní povrch pasivní. Při napadení pasivní - pasivní je příčinou napadení rozdíl v korozní odolnosti pasivních oblastí hranice zrna a základní struktury.

Zanedbání údržby zapříčiňuje vznik tzv. delaminace texturových vrstev materiálů, jejich následné odlupování anebo také vylézání hlav nýtů na potahu.

2.7 Koroze pod mechanickým napětím

Typově se jedná o mezikrystalickou korozi s místním napadením hranic zrn za přítomnosti tahového napětí ve specifickém prostředí tj. za určitých teplot a koncentrací chemikálií. Při korozi pod napětím vznikají a rostou v materiálu trhliny, které v konečném důsledku zapříčiní až prasknutí materiálu. Trhliny se šíří ve struktuře kovového materiálu buď po hranicích zrn, tzn. mezikrystalicky, nebo přes zrna, tzn. transkrystalicky. Mechanismus korozního praskání materiálů je způsoben aktivním rozpouštěním na okraji trhliny, která také působí jako koncentrátor napětí (viz. obr. 2.7.1).



Obr. 2.7.1 Princip vzniku trhliny při korozi pod napětím.

Tyto trhliny, tzv. SCC - stress corrosion cracking (na LT obvykle vznikající mezi dvěma nýty a sledující texturu zrn), kde tahové pnutí je mechanické namáhání nebo vnitřní pnutí, vzniklé například po tváření za studena nebo v oblasti svarových spojů po svařování.

Hlavní faktory pro vznik koroze pod napětím na LT jsou poškozený lak během nýtování, neutěsněné spojovací prvky, bodová koroze nebo nesprávná montáž LT. (např. nesprávná technologie nýtování). Dále také ovlivňuje vznik koroze pod napětím okolní vlhkost, přítomnost elektrolytu a tahového napětí nebo poškození ochranných vrstev na

malých plochách. Na LT se vyskytuje v místech, kde jsou tvářené materiály s typickou texturou. Zanedbání údržby způsobuje vznik trhlin - SCC, vedoucí až ke kompletní destrukci dílu.



Obr. 2.7.2 Koroze pod napětím – korozní praskliny na Al slitině.

2.8 Mikrobiální koroze

Koroze kovů nemusí být nutně jen anorganického původu. V některých případech je totiž koroze způsobena přítomností mikroorganismů. Tyto se nacházejí ve většině vodních prostředí a mají snahu se zachycovat na pevném povrchu. Zde potom za příznivých podmínek vytvoří souvislou vrstvu (tzv. biofilm). Tím se vytvoří vazba mezi mikroorganismy a povrchem kovu, která má zásadní vliv na rozvoj korozního děje.

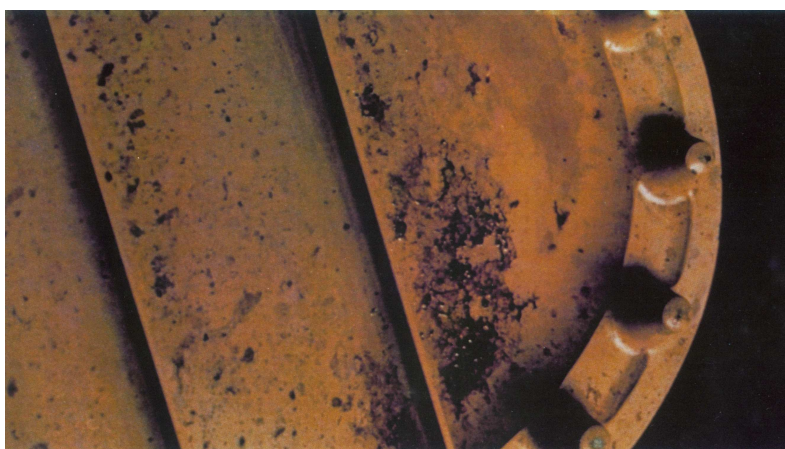
Vhodným způsobem ochrany proti následkům mikrobiální aktivity je povlakování povrchu materiálem, který izoluje kov od přímého kontaktu s biofilmem. Účinnost tohoto způsobu protikoroze ochrany může být zvýšena zavedením biocidu do nanášeného povlaku (např. do nátěrové hmoty). Před aplikací ochranného povlaku je ovšem nutné ověřit, zda jednotlivé složky povlaku nemohou být nutričním zdrojem některých mikroorganismů. Tento způsob antikoroze ochrany je účinný jen pokud je povlak neporušený resp. celistvý. Při silném korozním napadení totiž může pórovitost povlaku způsobit silné korozní napadení kovu a současně i postupná degradace povlaku.

Podstatou mikrobiální koroze na LT (konkrétně v palivových nádržích) je působení mikroorganismů spolu s produkty jejich látkové výměny a také mrtvé schránky mikroorganismů uvnitř palivové nádrže ve vrstvě voda/palivo. Jedná se o mikroorganismy druhu fungus. Jsou to bakterie živící se organickými látkami, v tomto případě organickými

látkami, které obsahuje palivo. Na LT se vyskytují v kontaminovaném palivu, ale také se samovolně palivem šíří.

Vznik mikrobiální koroze ovlivňuje přítomnost bakterie v palivu, přítomnost vody v palivu. Dále také poškozený lak během nýtování, neutěsněné spojovací prvky, bodová koroze, nesprávná montáž (např. chybná technologie nýtování) nebo poškozený ochranný finiš v nádrži. Dalšími podmínkami pro vznik je dostatečná teplota v palivové nádrži např. při dlouhém stání letadla v teple (nad 25°C) nebo nedostatečná údržba palivových nádrží.

Zanedbání údržby způsobí vznik důlkové koroze, vedoucí až k penetraci potahu a únikům paliva.



Obr. 2.8.1 Mikrobiální koroze na povrchu uzávěru palivového tanku.

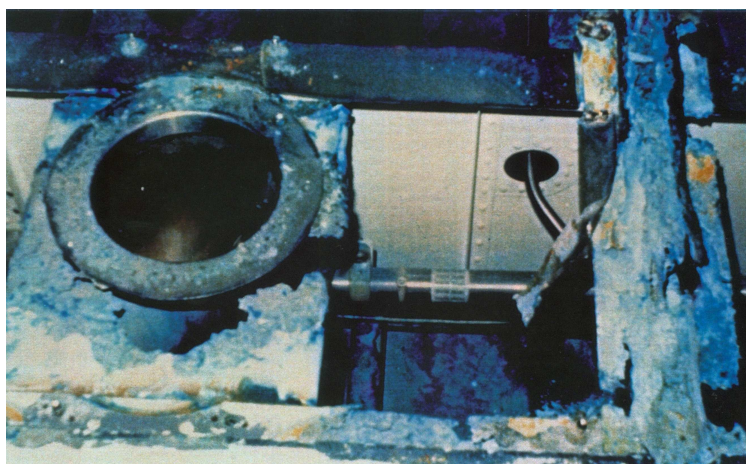
2.9 Koroze působením chemických látek

Tento typ koroze - chemickou korozi způsobuje přímé působení agresivních kapalin nebo výparů na kov. Agresivita těchto kapalin nebo výparů je závislá na druhu aniontů i kationtů přítomných v roztoku.

Chemikálie se při provozu LT mohou vyskytnout například při přetečení nebo úniku náplní baterií, úniky provozních a čistících látek (např. odstraňovače nátěrů, různá čistidla, hydraulická kapalina). Dalšími příčinami jsou kontaminace z nákladu (živá zvířata, ryby, koncentrované chemikálie – např. kyseliny) nebo látky na odstranění námrazy z letadel a přistávacích drah na letištích. Korozní účinky mohou mít také zbytky látek a produktů po hašení požáru (i hasící náplně podle předpisu ATA 26). Zachycení hasících chemikálií

v obtížně přístupných prostorách (např. v přechodech křídel do trupu a jejich aerodynamických krytů) může následně způsobit korozi těchto míst.

Zanedbání údržby může způsobit chemické korozní napadení jak jej můžeme vidět na obrázku 2.9.1. Identifikace chemické koroze na LT probíhá nejčastěji vizuální metodou, v případě špatně přístupných míst s pomocí boroskopu.



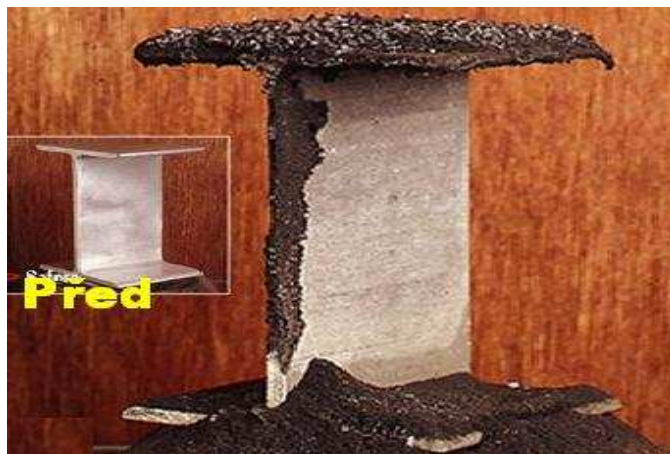
Obr. 2.9.1 Napadení chemickou korozí.

2.10 Koroze za přítomnosti rtuti

Rtuť (chemická značka Hg, latinsky *Hydrargyrum*) patří mezi těžké kovy a je toxická. Používá se jako součást slitin (amalgámů) a jako náplň různých měřících přístrojů (teploměry, barometry). Je jediným kovem, který je za normálních podmínek kapalný.

Na slitinách Al způsobuje velmi nebezpečnou formu koroze. Al slitiny si totiž pro svoji ochranu vytváří pasivní vrstvu oxidů a tato vrstva nedovolí již další postup koroze. Ovšem při kontaktu rtuti s pasivní vrstvou oxidů na povrchu Al slitin dochází k narušení této vrstvy a Al slitina ihned začíná korodovat. Během této reakce není rtuť spotřebovávána, a tím pádem bez odstranění koroze pokračuje až do úplného rozpadu Al materiálu. Jako akcelerator této reakce funguje vlhkost, přítomnost NaCl a rychlé šíření napadení urychluje také mechanické namáhání napadeného dílu.

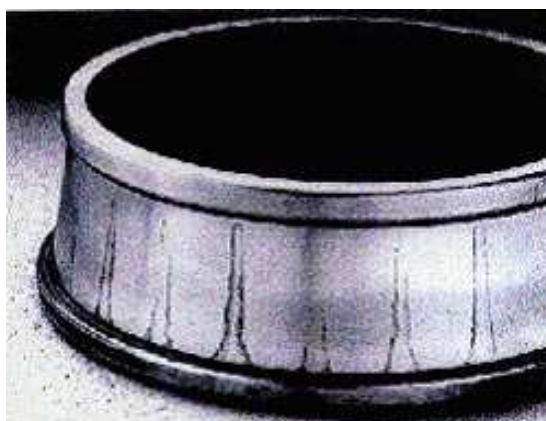
Na napadené LT se zpočátku projevuje jako jemný naředlý prášek, později jako plíseň na povrchu Al slitiny. Při provozu a údržbě je nutné neprodlené odstranění Hg a všech projevů koroze, jinak hrozí mnohonásobné trhliny v materiálu. Mimo tyto poškození draku letadla hrozí také újma na zdraví pasažérů.



Obr. 2.10.1 Koroze hliníkového nosníku za působení rtuti.

2.11 Koroze vlivem vibrací

Ke vzniku koroze vlivem vibrací dochází v atmosférických podmínkách v místech styku kovových součástí, které se po sobě vzájemně periodicky (s velmi malou amplitudou) pohybují. K tomuto druhu koroze dochází i za nízké relativní vlhkosti atmosféry, kdy je korozní vliv atmosféry zanedbatelný. Při pohybu tedy dochází k opakovanému odstraňování velmi tenké oxidové vrstvy vede k opakované reakci čistého povrchu s kyslíkem a následným úbytkům materiálu poškozené součásti, který je přeměněn na korozní produkty.



Obr. 2.11.1 Vibrační koroze ložisek.

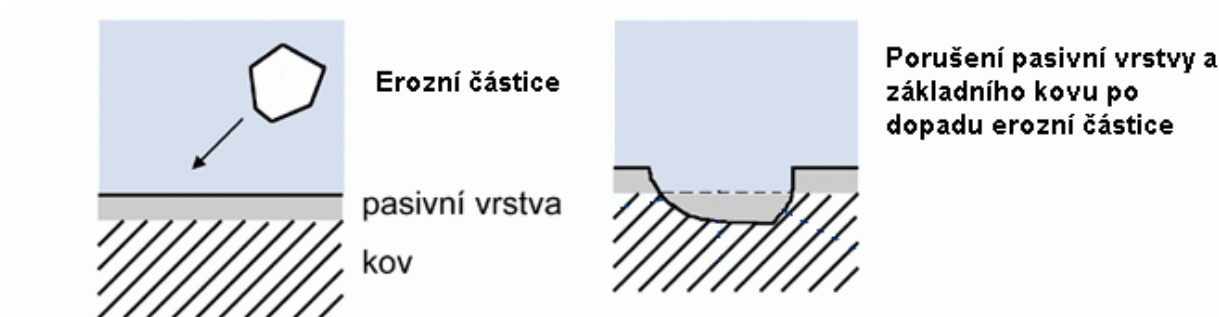
Hlavními příčinami vzniku jsou nesprávně zvolené vůle mezi pohybujícími se díly, míra opotřebení, okolní vlhkost a přítomnost NaCl akceleruje rychlost koroze. Obecně se vyskytuje na ložiscích, případně jiných strojních součástech vystavených tření. U tahově

namáhaných součástí může vibrační koroze vyústit až v lom. Při provozu a údržbě LT se může projevit zadřením ložisek, vznikem trhlin v materiálu atd.

Ochrana proti vibrační korozi je dobré mazání pohyblivých součástí, případně změna materiálu, vyloučení vibrací, nebo zvětšení jejich amplitudy. Při údržbě LT je nutná kontrola zejména demontovatelných přechodových krytů, údržbových otvorů a panelů, ložisek, míst se znaky viditelného pohybu nebo tření (normálně se nepředpokládá).

2.12 Erozní koroze

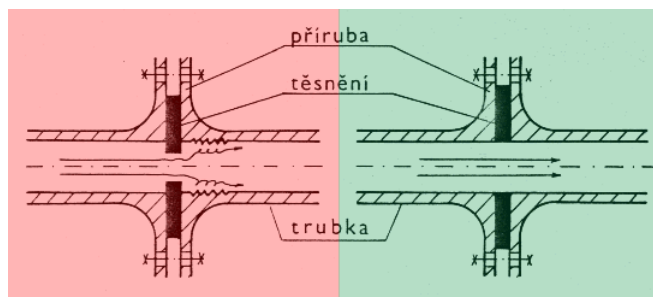
Erozní koroze vzniká jako důsledek působení pevných nebo kapalných částí ve vzduchu za provozu letadel. Jedná se tedy o mechanické poškození pasivní vrstvy oxidů na povrchu kovů, vlivem „otryskávání“ povrchu výše uvedenými částicemi. Při dopadu pevné nebo kapalně částice na pasivní vrstvu se vytvoří v této vrstvě otvor, kterým je umožněn přístup vzduchu na povrch kovu a ten začíná korodovat (viz. obr. 2.12.1).



Obr. 2.12.1 Princip vzniku erozní koroze.

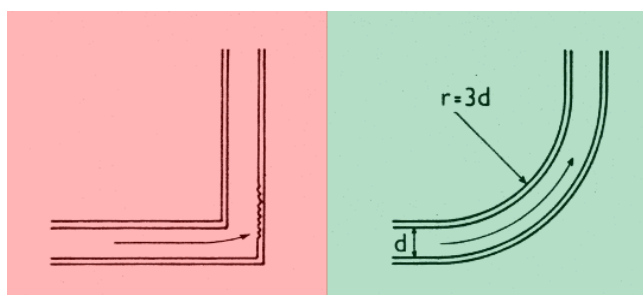
Rychlost přirozené koroze je umocněna proudícím prostředím, což má za následek rozrušování pasivní vrstvy. Vznikají tak různé rýhy, vlnky a kapkovité prohlubně. Za provozu letadel se mohou vyskytnout některé z následujících faktorů jako erozní částice atmosférické srážky, písek, prach, nečistoty v okolí letišť; které, jak již bylo uvedeno výše, opotřebovávají ochranné povrchové vrstvy a odhalují tak základní holý kov.

Výše popsané děje probíhají v plynných prostředích (vzduchu). Erozní koroze může ovšem vznikat i v kapalinách (voda, olej, hydraulická kapalina). Erozní částice zde potom jsou pevné nebo plynné. Uplatňuje se zde více i rozdíl mezi laminárním a turbulentním prouděním kapaliny, kdy turbulentní více podporuje vznik erozní koroze (viz. obr. 2.12.2).



Obr. 2.12.2 Vznik erozní koroze vlivem turbulentního proudění kapaliny.

Projevy erozní koroze lze také zmírnit vhodným konstrukčním řešením potrubí pro kapalinu, jak ukazuje následující obrázek. I zde je to vliv turbulentního proudění kapaliny v ostrém rohu.



Obr. 2.12.3 Konstrukční úpravy potrubí omezující vznik erozní koroze.

Obecně se lze proti erozní korozi chránit volbou vhodného materiálu (vhodné používat materiály s velkou povrchovou tvrdostí), vhodně zvolenou konstrukcí, volbou co nejmenší drsnosti povrchu materiálu.

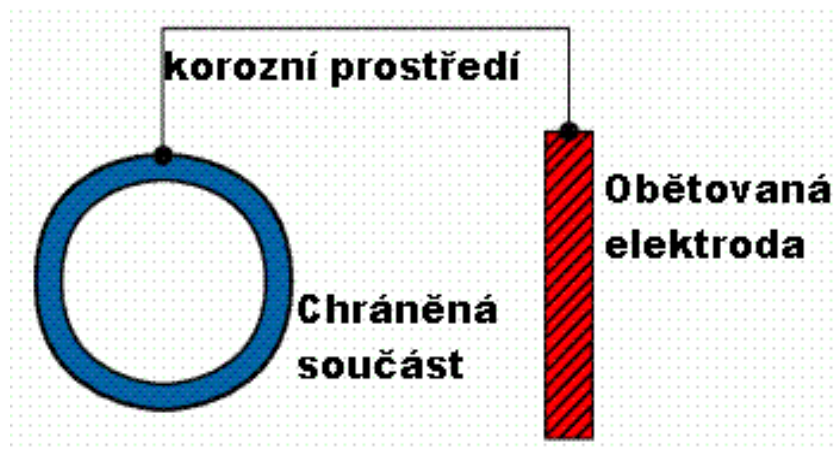
Zanedbaní údržby LT může způsobit až vznik bodové koroze nebo povrchové koroze, která může mít za následek zhoršení aerodynamických vlastností, zejména při korozi náběžných hran křídel a ocasních ploch. Další místa napadení mohou být spodní část trupu, motorové panely nebo koncové oblouky.



Obr. 2.12.4 Erozní koroze mosazné trubky ve vodě

2.13 Koroze obětované elektrody

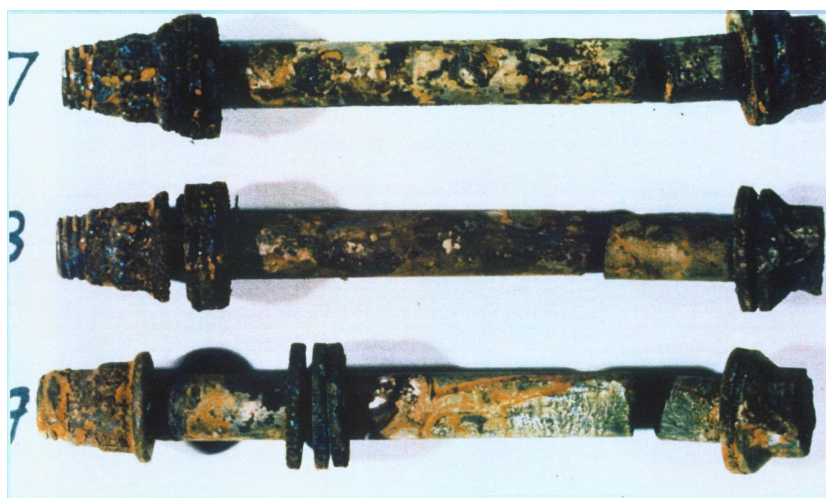
Svoji podstatou jde o galvanickou korozi, kdy se do míst, která jsou s ohledem na korozi riziková, umísťuje vhodný materiál, který potom koroduje místo chráněné součásti a tak ji zároveň chrání nebo významně snižuje korozi této chráněné součásti. Spíše než o korozní napadení jde zde o prostředek antikorozní ochrany.



Obr. 2.13.1 Princip obětované elektrody.

Na letadle se vyskytuje v místech přeplátovaných vrstev, u ocelových součástí chráněných pokovením zinkem a kadmiem (např. šrouby pokovené kadmiem – viz. obr. 2.13.2).

Zanedbaná údržba vede k povrchové korozi, bodové korozi, destrukci dílu. Obnovu ochranných kovových vrstev lze provést bez demontáže ručním nanesením ochranného kovu.



Obr. 2.13.2 Zkorodované šrouby pokovené kadmiem.

3. Stávající metody a způsoby vyhledávání koroze na LC

Koroze, vznikající při provozu dopravních letadel, ovlivňuje všechny aspekty letecké dopravy. Níže uvedené postupy údržby jsou určeny k pokud možno co nejvčasnější detekci koroze LT. Včasné odhalení koroze totiž v konečném důsledku může velmi snížit celkové škody, které koroze může způsobit.

Korozní napadení LT se podle SRM Boeing 737-800 (structural repair manual – manuál pro opravy konstrukce LT) dělí na tři základní skupiny:

- **Lehká koroze** – jedná se o napadení důlkovou korozí (nebo změna barvy materiálu) do přibližné maximální hloubky 0,001“ (cca 0,0254 mm). Tento typ napadení je možné odstranit běžným ručním broušením brusným papírem nebo pomocí chemických prostředků k odstraňování koroze.
- **Mírná koroze** – Projevy tohoto druhu korozního napadení jsou téměř stejné jako u lehké koroze, ale už se zde může vyskytnout tvorba puchýřů a odlupování barvy. Důlková koroze zde může být do hloubky 0,01“. Odstranění je možné provést důkladným ručním broušením nebo za použití ruční brusky.
- **Vážná koroze** – Korozní napadení je vážnějšího charakteru než u mírné koroze. Projevuje se silnou tvorbou puchýřů, exfoliací a odlupováním barvy. Bodová koroze je zde hlubší než 0,01“. K odstranění je nutné důkladné broušení bruskou. Při broušení vážné koroze na titanu ovšem musíme dbát na to, abychom daný materiál nepoškodili vlivem tepla z broušení.

3.1 Pravidelná inspekce, exponovaná místa

Včasná detekce koroze všech druhů koroze na LT znamená minimalizaci poškození i nákladů na její následní odstranění. Základním způsobem detekce koroze při pravidelné inspekci je vizuální kontrola jednotlivých dílů (viz. bod 3.3).

Místa napadená korozí vykazují charakteristické znaky. Jsou jimi korozní produkty, nejčastěji v podobě prášku (bílý nebo šedý prášek na slitinách Al, hnědočervená na slitinách

Fe). Další projevy koroze jsou změny barevného odstínu materiálu, úsady, loupání nátěru, bublinky, vrásky, zvlnění potahu, deformace nebo úplná destrukce spojovacích prvků (např. šroubů, nýtů), akumulace nečistot na povrchu. Některé tyto produkty mohou mít vliv na aerodynamickou čistotu nosných ploch, převážně zvýšená drsnost materiálu, zvlnění potahu anebo také nečistoty na povrchu.

Pokud je při pravidelné inspekci zjištěna koroze, musí být okamžitě stanoven její rozsah, poté určen vhodný způsob jejího odstranění a následné antikorozní ochrany. Stanovení rozsahu probíhá nejčastěji vizuální kontrolou, v některých případech ostatními způsoby nedestruktivních zkoušek (ultrazvuk, vířivé proudy, rentgen a další).

3.2 Zvláštní kontroly koroze

Jedná se o kontroly, které jsou dané nařízením v odůvodněných případech. Toto nařízení může být vydáno podobě AD – závazného nařízení, SB – servisního bulletinu nebo požadavky výrobce daného typu letadla při neobvyklé opravě.

Podmínky pro vydání nařízení ke kontrole koroze jsou např. po neobvyklých provozních podmínkách nebo po rozsáhlé kontaminaci letadla např. rtutí. Tyto prohlídky mohou vyžadovat speciální procedury, nářadí a přípravky.

3.3 Metody a zařízení pro vizuální kontrolu koroze

Jak již bylo uvedeno výše, základní metodou pro zjišťování koroze na draku letadel je vizuální inspekce. Je to nejrozšířenější metoda používaná k indikaci korozních napadení na LT. Vizuální kontrola je považována za základní metodu antikorozní kontroly, která by měla být provedena před každou další metodou kontroly korozního napadení na LT. Tato metoda je zaměřená na zjišťování a hodnocení stavu povrchů napadených korozí výrobků či součástí pouhým okem, nebo pomocí speciálních přístrojů či zařízení (např. lupa, boroskop atd.)

Její podstatou je rozpoznání znaků, nebo projevů koroze. Při vizuální kontrole je povrch, na kterém došlo ke korozi vizuálně hodnocen jak s korozními produkty, tak i po jejich odstranění. Nerovnoměrné napadení (trhliny při korozi pod napětím nebo bodová koroze) je v některých, speciálních případech možno zviditelnit barevnými nebo fluorescenčními látkami, magnetickými prášky, otisky. V některých případech lze tímto způsobem určit i

rozsah a četnost korozního napadení. Dále lze také při vizuální kontrole po nález korozního napadení určit, pomocí měrek, úbytek materiálu vlivem koroze, resp. výpočtem ze známé původní tloušťky určit zbývající materiál.

Vizuální kontroly se provádí u všech lepených konstrukčních spojů, dále také pro všechny silové závěsy, závěsy motorů, podlahové nosníky a neposlední řadě i v místech pod palubním bufetem a toaletami. Dalšími kontrolovanými prvky konstrukce jsou přetlakové přepážky v trupu letadel – tyto je nutné kontrolovat z obou stran, závěsy řídicích ploch, podvozkové šachty, vnitřní strana palivových nádrží, náběžné hrany křídel a ocasních ploch, řídicí lana, drenážní prvky.

Technik údržby, provádějící vizuální kontrolu LT, musí splňovat následující základní předpoklady:

- Musí dobře znát konstrukci letadla, aby mohl správně vyhodnotit nález korozního napadení konstrukce a také podmínky vzniku této koroze.
- Vysoké požadavky jsou kladeny na pozornost a dobrý zrak technika. Pro lepší určení projevů koroze může technik použít i hmat. Použití více smyslů zvyšuje efektivitu vizuální kontroly.
- Nezbytně nutné je také dobré osvětlení kontrolovaného místa LT.

Pro bezchybně provedenou vizuální kontrolu LT na korozi je potřeba dobrý přístup ke kontrolovanému místu. To znamená provést přípravu povrchu kontrolované součásti. Je to především:

- demontáž krytů a zvukotepelných izolací,
- odstraněním těsnících materiálů.
- vyčištěním a odmaštěním kontrolovaného místa,

Kvalita přípravy povrchu velmi ovlivňuje kvalitu provedení vizuální kontroly. Při vizuální kontrole se korozní napadení hodnotí nejčastěji prostým okem. Nářadí a pomůcky, používané při vizuální kontrole nejčastěji jsou:

- svítilna s jasným světlem
- zrcátko s teleskopickou rukojetí

- zvětšovací lupy
- měrky, měřidla
- plastová špachtle
- v některých případech také boroskop (fibroskop, videoskop)

Boroskop je nutné použít při vizuální kontrole v takových místech, kde je zhoršený přístup ostatními prostředky a nářadím. Na obr. 22 je zobrazen jednoduchý boroskop. Boroskop se skládá z okuláru, světlovodné trubice – může být v pevném nebo ohebném provedení, zdroje světla - většinou umístěného v rukojeti.



Obr. 3.3.1 Jednoduchý boroskop.



Obr. 3.3.2 Boroskop s pokročilými funkcemi (displej, řízení, záznam kontroly).

Dokonalejší boroskopy (firboskopy, videoskopy) umožňují zobrazení kontrolovaného místa na displeji, disponují rovněž dálkovým ovládáním konce světlovodné trubice anebo záznamem kontroly. Nevýhodou je ovšem jejich relativně vysoká cena.

3.4 Penetrační metody

Při vizuální kontrole povrchu LT na korozní napadení a různá jiná poškození je možné uplatnit také různé penetrační metody kontrol. Jedná se principiálně o velmi jednoduché metody, které nevyžadují speciální znalosti pracovníka provádějícího kontrolu. Další nespornou výhodou jsou nízké náklady na provedení penetrační kontroly. Nevýhodami této metody zkoušení je, že ji nelze použít pro porézní materiály a před samotným zkoušením je nutné důkladné očištění povrchu. Používané penetranty také mají určitou míru toxicity a hořlavosti a nemohou být použity na materiály, které svými účinky poškozují.



Obr. 3.4.1 Sada pro zkoušky barevnou penetrační metodou.

Zkoušené místo je nutné nejdříve důkladně odstranit všechny nečistoty a zkoušený povrch odmastit. Dále se na čistý povrch nanese penetrační barva, která se poté z povrchu setře. V místech, kde je poškozený povrch některou z forem koroze nebo např. korozní prasklinou, se uchytí malé množství penetrační barvy. V další fázi se na povrch, zbavený penetrační barvy, nanese vrstva developeru (neboli vývojka) - prostředek, který reaguje se zbytky penetrační barvy usazené v místech poškození povrchu. Touto reakcí se poškození

povrchu barevně zvýrazní, případně u fluorescentní penetrace je nutné osvětlení povrchu UV zářením pro zvýraznění reakce penetrační barvy a developeru – zde je nutné zatemnění zkoušeného místa pro dostatečný kontrast. Po skončení kontroly je nutné developer a zbytky penetrační barvy odstranit. Příklad kompletní sady pro zkoušky barevnou penetrační metodou je na obr. 3.4.1. Schématický průběh kontroly penetrační metodou je uveden jako příloha 1.

Pomocí penetrační kontroly je možné detekovat na zkoušené součásti různé malé trhliny, povrchové poškození a všechny typy koroze na povrchu materiálu (pokud je neodhalí vizuální kontrola). Zde platí, že metodou fluorescentní penetrace je možno odhalit menší korozní napadení než při použití metody barevné penetrace. Dle SRM Boeing se developery pro fluorescentní penetraci dělí na čtyři stupně podle velikosti poškození, které je schopný odhalit. Developer čtvrtého stupně dle této stupnice je schopný odhalit nejmenší poškození povrchu součásti LT (např. trhlina, vzniklá při korozi pod napětím nebo důlková koroze).

Další možné uplatnění nalezne tato metoda při kontrole kompletního odstranění koroze na LT.



Obr. 3.4.2 UV lampa.

4. Nové metody vyhledávání koroze při údržbě LT

Během vizuálních kontrol a dalších výše uvedených nedestruktivních metod ovšem není možné zjistit všechny korozní napadení, které se na LT vyskytují. Těmito metodami jsme totiž schopni zjistit korozní napadení jen na viditelných místech, v případě použití boroskopů i v některých dutinách. Ovšem vyhodnocení korozního stavu povrchu materiálu na velmi obtížně přístupných místech výše uvedenými metodami není možné.

Proto zde navrhuji zavedení nových NDT metod zkoušení materiálů do antikorozní kontroly letecké techniky. Navrhované NDT metody zkoušení koroze jsou následující:

- metoda vířivých proudů
- metoda ultrazvuku
- rentgenová metoda
- magnetická metoda

Uvedené metody navrhuji jako doplňující či kontrolní metody po provedení vizuální inspekce, případně fluorescentní penetrace. S výhodou je lze doporučit pro jejich široký rozsah použití a detekce již velmi malých korozních napadení. Lze provádět kontroly koroze povrchu i vnitřních vad, určení tloušťky, resp. úbytku materiálu vlivem koroze, kontroly úplného odstranění korozního napadení a také kontroly míst z pohledu koroze problematických. Nevýhodami těchto metod jsou vysoké náklady na nutná speciální zařízení a také vysoké požadavky na vědomosti a zkušenosti korozního inspektora.

4.1 Metoda vířivých proudů

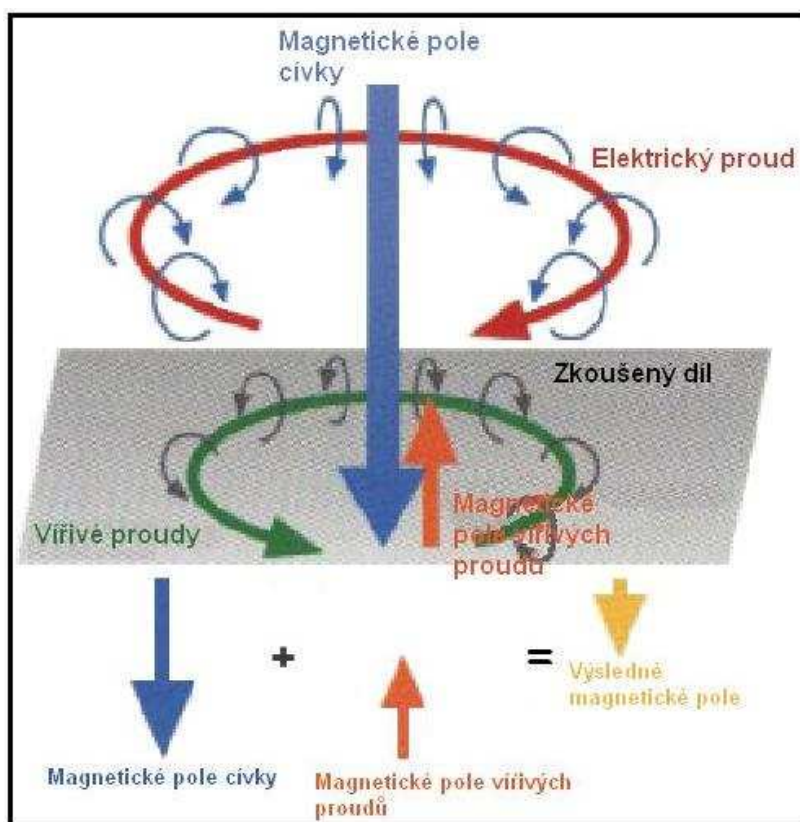
Tato metoda je vhodná pro zkoušení elektricky vodivých a také nemagnetických materiálů a má různé oblasti použití. Jedná se tzv. povrchovou metodu. To znamená, že její nejčastější použití je k detekci poškození a koroze na povrchu materiálu, lze ji ovšem použít i pro detekci vad a koroze v určité hloubce pod povrchem součástí. Dále je možné pomocí metody vířivých proudů měřit tloušťky nevodivých povlaků, např. vrstvy barvy.

Principem měření vířivými proudy je použití snímače, složeného ze dvou cívkových systémů. První slouží jako budící (primární). Druhý je snímací. První (budící) cívkou prochází střídavý elektrický proud o vysoké frekvenci (řády kHz až MHz) a v jejím okolí tak vzniká střídavé magnetické pole, nazývané primární. To vyvolá ve zkoušeném materiálu vířivé proudy, které zapříčiní vznik sekundárního magnetického pole, které působí proti magnetickému poli primárnímu. Svým působením na měřicí cívkový systém v něm magnetická pole způsobená střídavým elektrickým proudem v budící cívce a magnetické pole způsobené vířivými proudy indukují napětí. Tato napětí se mění v závislosti na změnách zkoušeného materiálu, např. změna materiálu, přítomnost koroze nebo vzdálenost snímače od

zkoušeného povrchu. Je to zapříčiněno změnou impedance cívky a tyto změny jsou pak dále zpracovávány a vyhodnocovány.

Výhodou korozní kontroly metodou vířivých proudů jsou malé rozměry zařízení, které je tak snadno přenosné. Další výhodou je možnost detekovat relativně malé body korozního napadení nebo malé trhliny. Nevýhodou je požadavek speciálních sond, které mají navíc každá své specifické použití a tudíž pro univerzální použití této metody je nutná celá sada těchto sond. To celé nutné zařízení prodražuje.

Tato metoda je preferovaná na kontrolu potahů LT. Důvodem je její citlivost na mezikrystalickou korozi. Příprava povrchu pro měření spočívá jen v základním vyčištění materiálu. Při zjištění koroze na nepřístupném místě se korozní nález porovnává s referenčními vzorky a tak se určí stupeň korozního napadení daného nálezu.



Obr. 4.1.1 Princip metody vířivých proudů.



Obr. 4.1.2 Přístroj Omniscan pro zkoušky metodou vířivých proudů ale také ultrazvukem. Aktuální zobrazení na displeji je výsledek zkoušky ložiskových pouzder podvozkových noh na korozi a trhliny.

4.2 Metoda ultrazvuku

Ultrazvuková metoda je nejvíce univerzální metodou pro zjišťování korozního napadení materiálu. Je vhodná pro všechny konstrukční materiály, bez ohledu na chemické složení, rozměry a elektromagnetické vlastnosti. Je vhodná pro detekci prasklin, vznikajících vlivem koroze pod napětím. Ultrazvuková metoda umožňuje kontrolu jak povrchových forem koroze a poškození materiálu tak také ve velké hloubce pod povrchem. Ze všech NDT metod má největší rozsah použitelnosti ve smyslu druhu zkoušených materiálů.

Principem je vyslání ultrazvukových vln do zkoušeného materiálu při využití skutečnosti, že pevné látky jsou dobrými vodiči zvuku. Ultrazvukové vlny, které při průchodu materiálem narazí na povrchovou nebo vnitřní vadu, získávají jinou charakteristiku odrazu než vlny, které prochází bezvadným materiálem. Průběh kontroly je možné v reálném čase zobrazovat na displeji přístroje a přesně tak určit místo korozního napadení, případně pořídit záznam kontroly. Frekvence, které se pro zkoušení materiálu ultrazvukem používají, jsou

v rozsahu od 0,5 MHz do 25MHz. Platí zde, že čím je frekvence vyšší, tím menší rozměry korozního napadení je možné detekovat.



Obr. 4.2.1 Přístroj Omniscan pro zkoušení ultrazvukem, umožňuje také zkoušky vířivými proudy.

Metody ultrazvukového zkoušení materiálů se neustále vyvíjí. Jednak prochází zdokonalením již zavedené metody, např. použitím digitálních přístrojů nebo propojení zkušebního zařízení přímo s počítačem, který pak data analyzuje a vyhodnocuje, anebo se zavádí do zkušebního procesu nové metody zkoušení ultrazvukem. Jednou z těchto nových metod je tzv. Phased array metoda. Postatou je použití sady měničů a elektroniky která tvaruje svazek ultrazvuku. Sonda je pak složena ze soustavy miniaturních piezo-elektrických měničů. Řídící elektronikou je ovládán každý měnič zvlášť, tudíž je možno měnit tvar svazku. Na výstupu je potom stejný signál jako u klasických metod ultrazvukového zkoušení. Tato změna úhlu svazku je výhodná, protože se rozšíří zorný úhel sondy a tím pádem je možné pokrýt větší oblast. To přináší i zlepšení prostorového rozlišení a přesnější hodnocení koroze a vad v materiálu.

Mezi výhody této metody patří možnost vygenerovat měnitelný úhel svazku pouze jednou sondou a tím pokrýt mnohem větší oblast zkoušeného předmětu bez posuvu sondy.

Tím se zlepšuje prostorové rozlišení a hodnocení vad je přesnější. Nevýhodami ultrazukového zkoušení jsou vysoké požadavky na vědomosti a zkušenosti pracovníků a také vysoká cena zařízení.



*Obr. 4.2.2 Sondy používané ke korozní kontrole pomocí přístroje Omniscan firmou
JOB - AIR a.s.*

Nutné měřicí sondy k přístroji Omniscan jsou na obrázku 4.2.2. Tyto sondy se vyrábějí v mnoha provedeních (více jak 5000) a každá je určena k jinému způsobu měření. Dále jsou také potřebné měrky. Jsou to vzorky materiálu na kterých se simulují korozní napadení, případně mechanické poškození nebo vnitřní vady materiálu. Tyto simulované vady jsou většinou v podobě válcových vývrtů a slouží pracovníkům obsluhy ultrazukové zkušební metody k porovnávání s reálnými vadami a korozi. Reálná koroze a vady ovšem dávají menší odrazy než simulované a proto je nemožné pomocí ultrazvuku určit přesný tvar korozního napadení nebo vady.

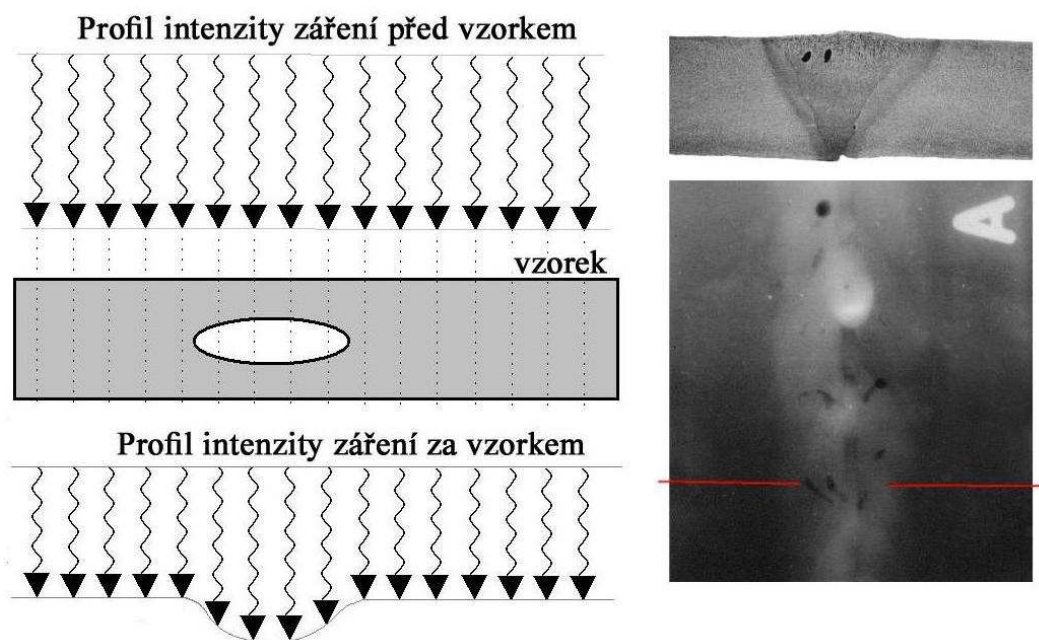
Jednotlivé postupy korozních kontrol LT pomocí ultrazvuku předepisují NDT manuály jednotlivých výrobců letadel nebo LT.

4.3 Rentgenová metoda

Rentgenová metoda je použitelná pro všechny materiály a jakékoliv rozměry zkoušeného dílu LT. Lze detekovat korozi (vady) objemového a při vhodné směrové orientaci

paprsků záření i plošného charakteru na zcela nepřístupných místech konstrukce LT. Ze všech NDT metod, uvedených v tomto bodě, má rentgenová metoda největší dosah do hloubky materiálu (je omezen jen intenzitou záření).

Principem rentgenového zkoušení je vysílání záření skrze zkoušený díl LT. Při průchodu dochází k zeslabování tohoto záření. Ovšem v místě koroze nebo vady je tloušťka dílu zeslabena a tak zde záření není tolik zeslabené. Za zkoušeným dílem tak vzniká reliéf záření, který se zachytává na film. Koroze a vady, neboli místa s úbytky materiálu se na filmu zobrazí jako tmavší místa. Dle velikosti těchto míst pak určujeme korozní rozsah ve směru kolmém na směr průchodu rentgenového záření. Každý film disponuje rozdílnou charakteristikou, což se projevuje jako rozdílný odstín snímku.



Obr. 4.3.1 Princip rentgenové metody.

Rentgenová metoda se při údržbě letadel používá hlavně k detekci trhlin a nesourodostí materiálů, těžká korozní napadení a jejich vlivem úbytky materiálu anebo kontaminace konstrukce LT rtutí. To vše zejména na místech, kde je velmi ztížený nebo nemožný přístup. Dále je možno zjistit poškozenou vnitřní strukturu konstrukce.

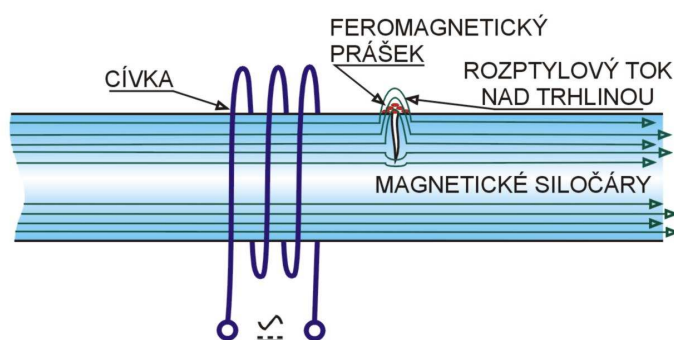
Nevýhodami použití rentgenové metody jsou:

- přítomnost zdraví škodlivé radiace a z toho plynoucí nutná ochrana pracovníků
- výsledek kontroly není zobrazován v reálném čase ale je jej možno spatřit až po vyvolání snímku z filmu

- vlivem záření dochází k poškození některých materiálů např. těsnících hmot

4.4 Magnetická metoda

Magnetická metoda je relativně jednoduchá a nenáročná metoda nedestruktivního zkoušení koroze na LT, je ovšem vhodná jen pro feromagnetické materiály. Na díly z Al slitin ji tedy nelze použít. Vychází to již ze samé podstaty této metody. Pomocí magnetické metody jsme schopni detekovat povrchové korozní napadení a vady, případně do malé hloubky pod povrchem zkoušeného dílu.



Obr. 4.4.1 Princip magnetické metody.

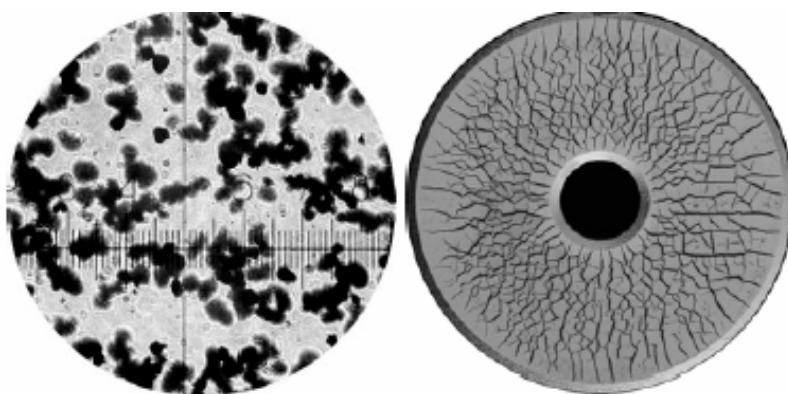


Obr. 4.4.2 Vlevo: ruční magnetický přístroj, vpravo: stacionární magnetický přístroj.

Principem magnetické metody je magnetické nasycení feromagnetického materiálu pomocí vhodného zmagnetizování. Pokud se na zkoušeném materiálu vyskytne koroze nebo

vada, dojde v tomto místě k deformaci magnetického pole a jeho siločáry vystupují nad povrch dílu LT. Je to způsobeno odlišnými magnetickými vlastnostmi místa s korozí. V místě koroze tak vzniká tzv. rozptylový magnetický tok.

Po zmagnetizování dílu se na jeho povrch nanese jemný feromagnetický prášek. Ten se vlivem magnetického pole přichytí na povrch zkoušeného dílu. Prášek v místech koroze, vlivem rozptylového magnetického toku, vytvoří charakteristický reliéf, který se poté hodnotí. Toto hodnocení probíhá vizuálně dle jasového nebo barevného kontrastu. Magnetická metoda umožňuje detekovat vady a korozní napadení od velikosti již několik tisíci milimetru.



Obr. 4.4.3 Výsledek magnetické zkoušky. Vpravo je zkoušený díl s množstvím povrchových vad a vlevo samotný výsledek. Dobře patrné jsou místa, kde jsou vady – přítomnost feromagnetického prášku

4.5 Praktické využití

Navrhované NDT metody pro korozní kontroly v bodech 4.1 až 4.4 jsou již určitou dobu v údržbě letadel využívány. Prozatím nacházejí nejčastěji uplatnění při kontrolách povrchu dílů LT na poškození jako jsou trhliny, vrypy, škrábance (např. při kontrole turbínových lopatek motorů) ale také lze, zejména ultrazvukovou metodu a metodu vířivých proudů, použít při kontrole na trhliny a poškození dílů LT po opravách (nejvíce na spodní části trupu, případně náběžných hranách křídel).

Uvedené metody je ale možné použít i při kontrole koroze při údržbě LT. Zde se pravděpodobně opět nejvíce uplatní metody ultrazvuková a vířivých proudů. Je to dáno jejich univerzálností (možné použití bylo popsáno výše). Metoda magnetická zde bude stát trochu

v pozadí z důvodu omezení jen na feromagnetické materiály, tedy nejčastěji ocel. Jako nejméně používanou bych zařadil rentgenovou metodu. Důvodem je zdraví škodlivé záření a také to, že rentgenovou metodu z části může nahradit metoda ultrazvuková.

Pro názorný příklad využití navrhovaných NDT metod zkoušení koroze jsem vybral kontrolu koroze na ložiskových pouzdrech podvozkových noh letounu SAAB 340, které nařizuje SB 57 – 036. Jedná se zde o korozní kontrolu, zejména na výskyt důlkové koroze, pomocí metody vířivých proudů. Schéma celého bulletinu je obsahem přílohy 2.

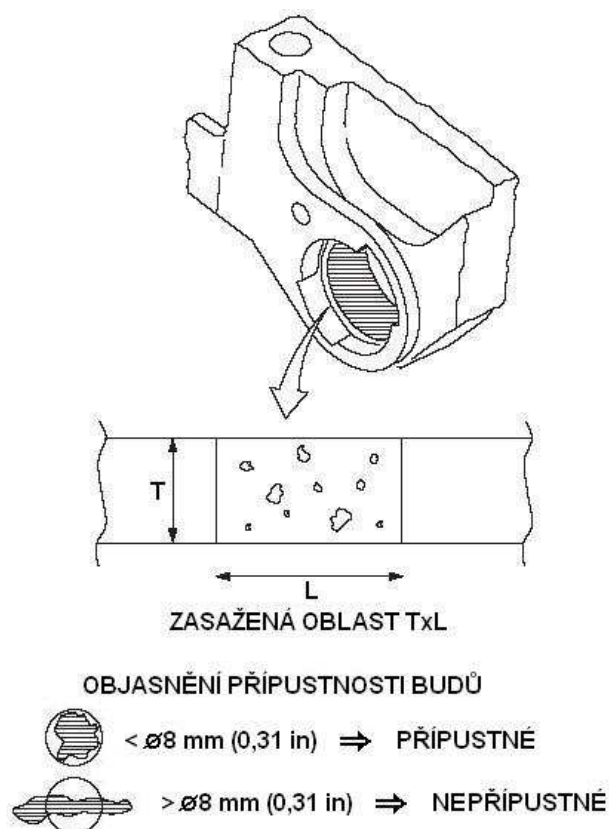
NDT inspekce dle SB 57 – 036

Ložiskových pouzder pro hlavní podvozkové nohy je na letounu SAAB 340 celkem osm. Předpokládaný čas potřebný provedení NDT inspekce je 2 hodiny. Pro provedení inspekce je potřebné následující vybavení a materiály:

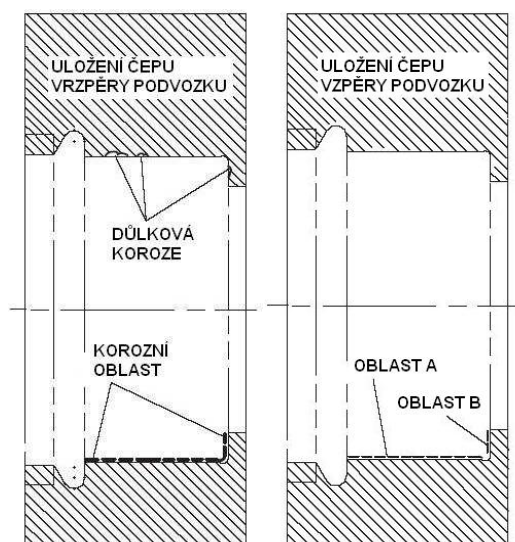
- Přístroj pro zkoušky vířivými proudy, např. Hocking Phasec 2200 nebo podobný
- Sondu pro vířivé proudy: SAAB TÖV 1 915990
- Sondu pro vířivé proudy: SAAB TÖV 2 915990
- Kompenzační podstavec: SAAB TÖV 3 915990
- Držák: SAAB TÖV 4 915990 part 1, 2, 3
- Teflonový film (Furon TV 350) tloušťky 0,05 mm (0,002 in)
- AMM a SRM pro dané operace

Postup inspekce

Následující postup inspekce je použitelný pro všech osm ložiskových pouzder hlavních podvozkových noh na letounu SAAB 340. V první části inspekce jsou ložisková pouzdra po očištění vizuálně zkontrolována na místech, které ukazují obr. 4.5.1, 4.5.2 a 4.5.3. Pokud nejsou při vizuální kontrole odhaleny korozní napadení nebo trhliny je kontrola u konce a následuje zpětná montáž. Pokud jsou ale odhaleny korozní napadení nebo trhliny postupuje se dále podle tohoto bulletinu opravou, po které následuje inspekce vířivými proudy.



Obr. 4.5.1 Kontrolované oblasti ložiskového pouzdra. Přípustné je korozní napadení maximálně 15% plochy ložiskového pouzdra po opravě (následující po vizuální inspekci).

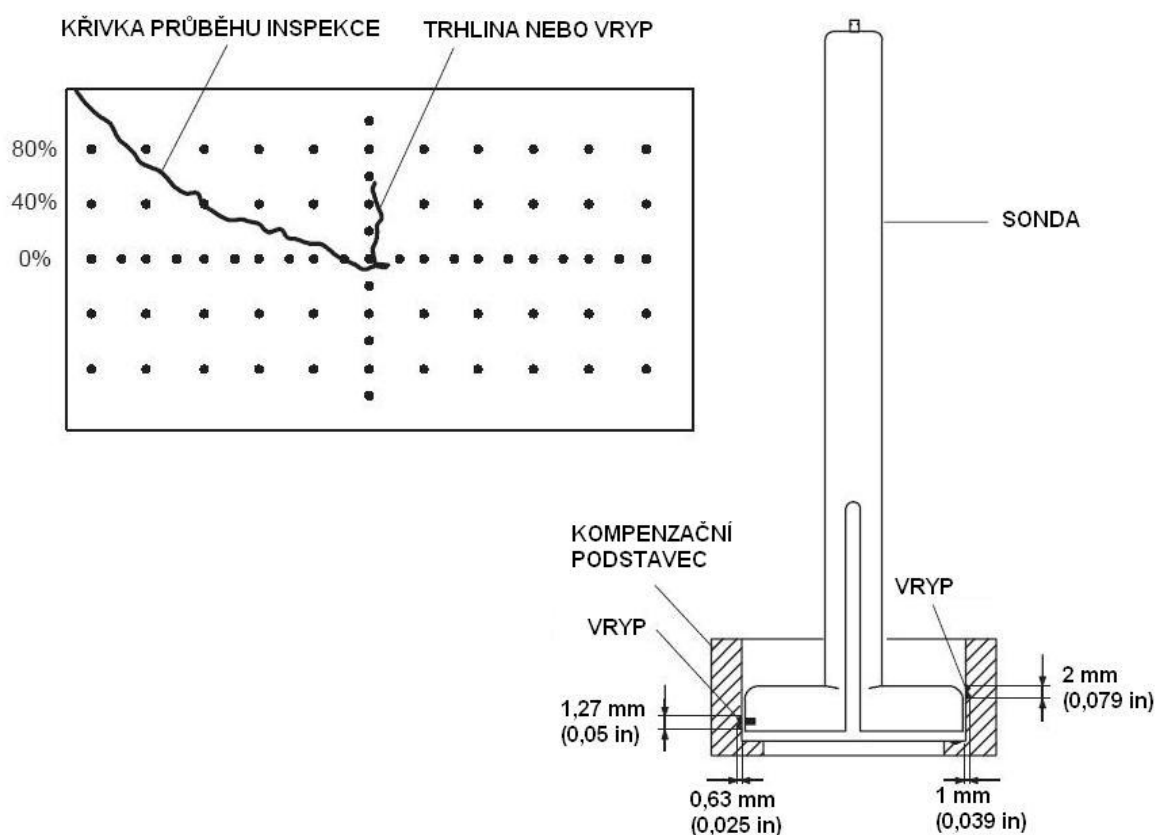


Obr. 4.5.2 (vlevo) Korozní oblasti ložiskového pouzdra

Obr. 4.5.3 Kontrolní oblasti při NDT inspekci

Pro provedení NDT inspekce vířivými proudy je nutný personál disponující certifikátem ASNT úrovně II nebo podobného. Kalibrace a vybavení nutné pro tuto kontrolu

je na obr. 4.5.3, 4.5.4 a 4.5.8. Podle obr. 4.5.8 sestavíme měřicí sondu, kde pozice 6 je přívod elektrické energie, 4 je vložka a pozice 5 je vložka sondy. Činnou část sondy je třeba chránit oboustranně teflonovým filmem. Před měřením oblasti A je nutné sondu kalibrovat. Kalibrace se provádí pomocí kompenzačního podstavce TÖV 3 915990 tak, že se nastaví frekvence zařízení na 2 MHz a sonda se zasune do kompenzačního podstavce mimo oblast vrubu. Poté se sonda roztočí a pomalu se vytahuje z kompenzačního podstavce. Na displeji se ukáže detekce vrubu a displej je nutné nastavit tak, aby detekce vrubu zasahovala minimálně do 40% vertikálního měřicího rozsahu zařízení (podle Obr. 4.5.4).

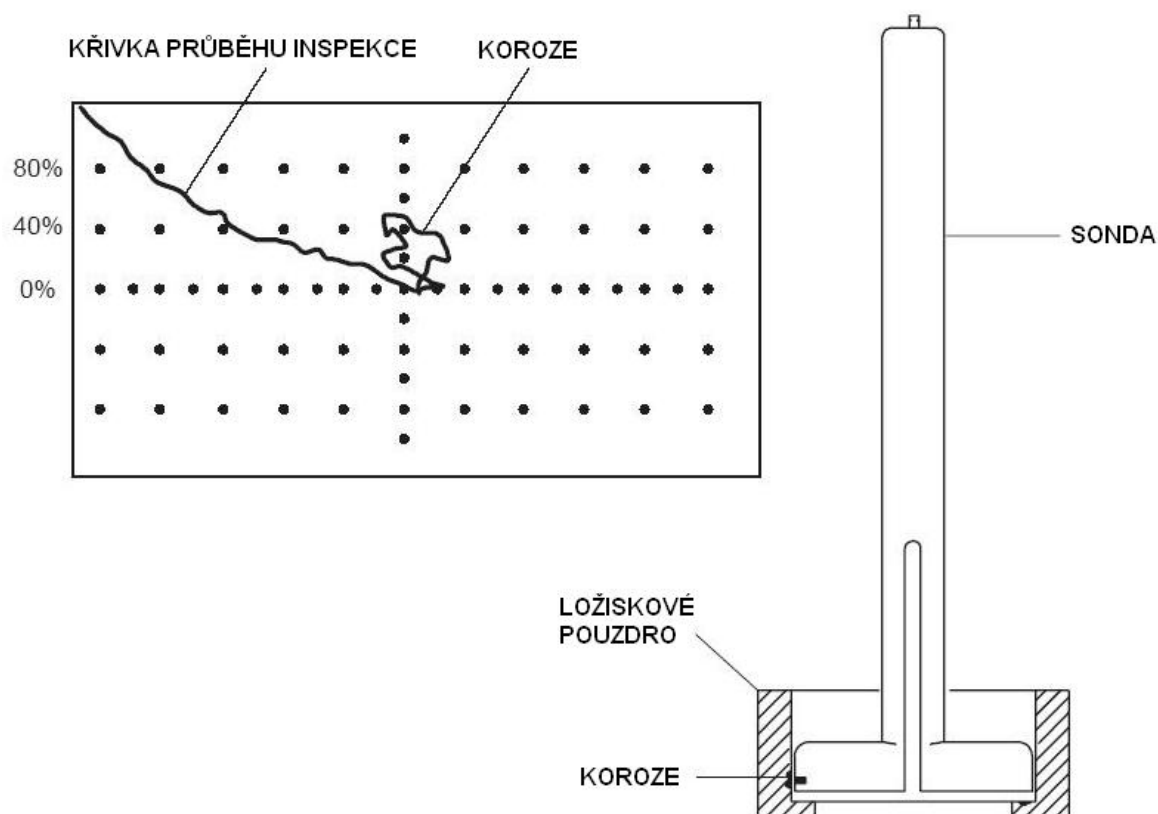


Obr. 4.5.4 Kalibrace sondy pro inspekci oblasti A a diagram detekce kontrolního vrubu.

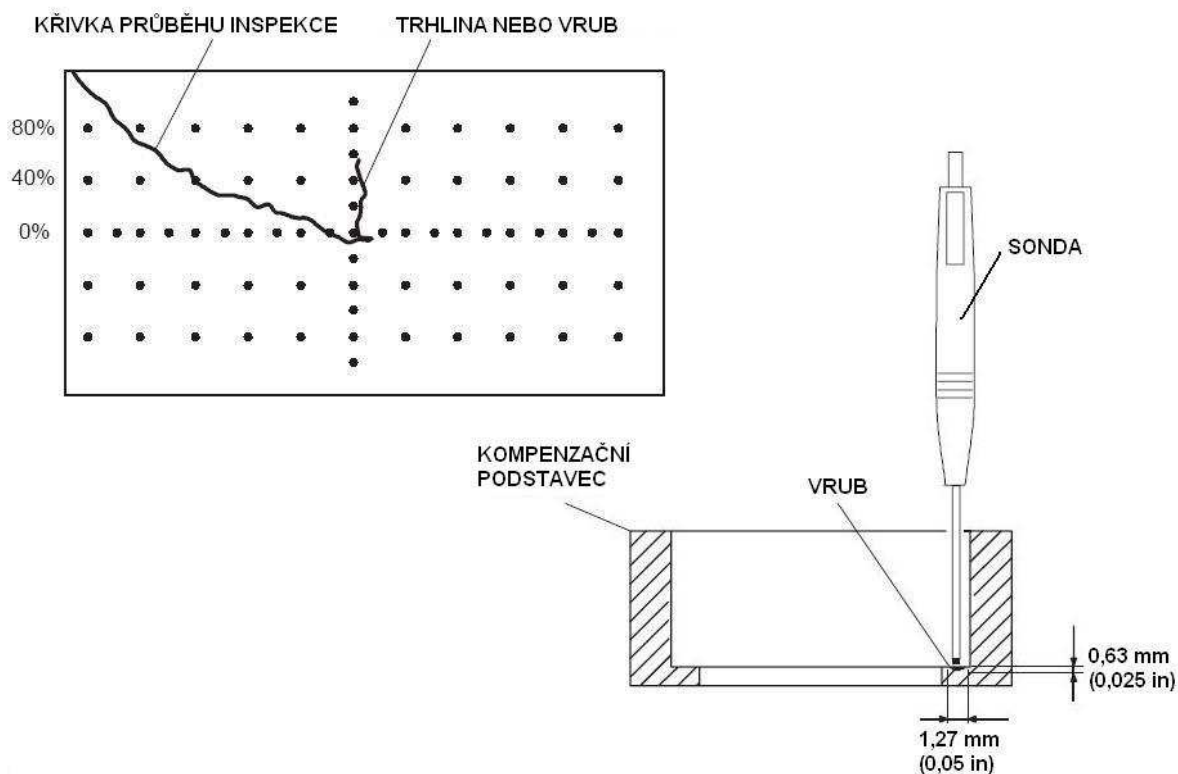
Po provedení kalibrace sondy je možné přistoupit k inspekci oblasti A ložiskových pouzder, jak ukazují obr. 4.5.3, 4.5.5 a 4.5.8. Zkalibrovanou sondu (3), po stlačení jejích dvou částí, zasuneme společně s přípojným kroužkem (2) do LH kování podvozkového čepu (1) dle obr. 4.5.8. Na konec sondy navlékneme vložku (4) a pootočením ji dotáhneme k přípojnému kroužku (2). Celý komplet sondy zasuneme na dno ložiskového pouzdra a zajistíme sondu šroubem na správném místě šroubem na vložce sondy (5). Poté sondu seřídíme do vodorovné polohy a začneme otáčením sondou ve směru hodinových ručiček kontrolovat povrch

ložiskového pouzdra. Po opsání 360° povolíme šroub na vložce sondy (5) a sonda vytáhneme z ložiskového pouzdra o 2 mm ven. Opět zajistíme šroub na vložce sondy (5) a opisujeme se sondou kruh, tentokrát ale proti směru hodinových ručiček. Takto celý postup opakujeme až máme zkontrolovanou celou vnitřní plochu A ložiskového pouzdra.

Po zkontrolování celé plochy A ložiskového pouzdra uvolníme vložku sondy (5) a vložku (4) a vysuneme sondu z ložiskového pouzdra ale neodpojíme ji. Sondu zasuneme do kompenzačního podstavce a ověříme, že sonda správně detekuje kontrolní vrub – tj. minimálně 40% nastaveného měřicího rozsahu dle obr. 4.5.4. Nakonec odstraníme přípojný kroužek (2) a kontrola plochy A ložiskového pouzdra je hotová.



Obr. 4.5.5 Detekce koroze v oblasti A

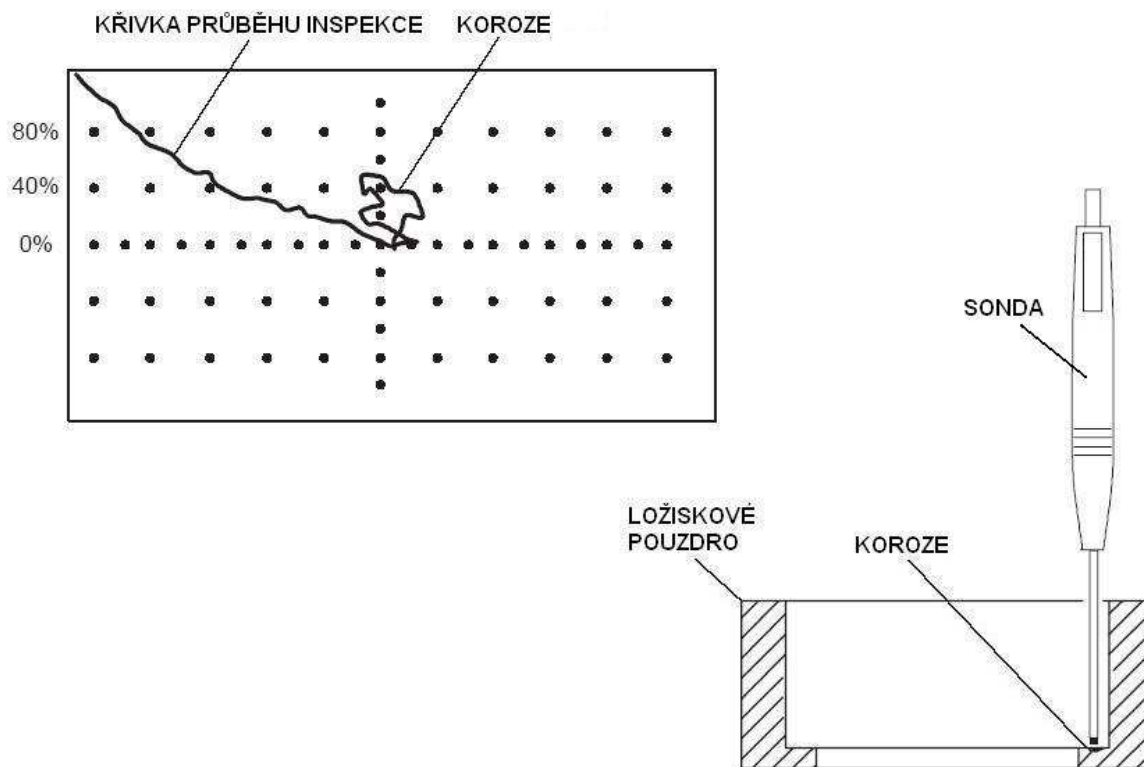


Obr. 4.5.6 Kalibrace sondy TÖV 2 915990 pro inspekci oblasti B a diagram detekce kontrolního vrubu.

Po kontrole je nutné vyhodnotit výsledky měření. Hodnocení se provádí podle následujících podmínek:

- Nepravidelné indikace ve vertikálním směru na displeji přístroje o velikosti 50% a více nad nulovou hodnotu jsou považovány za korozi. Viz. Obr. 4.5.5, 4.5.7.
- Přímé indikace ve vertikálním směru na displeji přístroje o velikosti 50% a více nad nulovou hodnotou jsou považovány za trhliny. Viz. Obr. 4.5.4, 4.5.6.

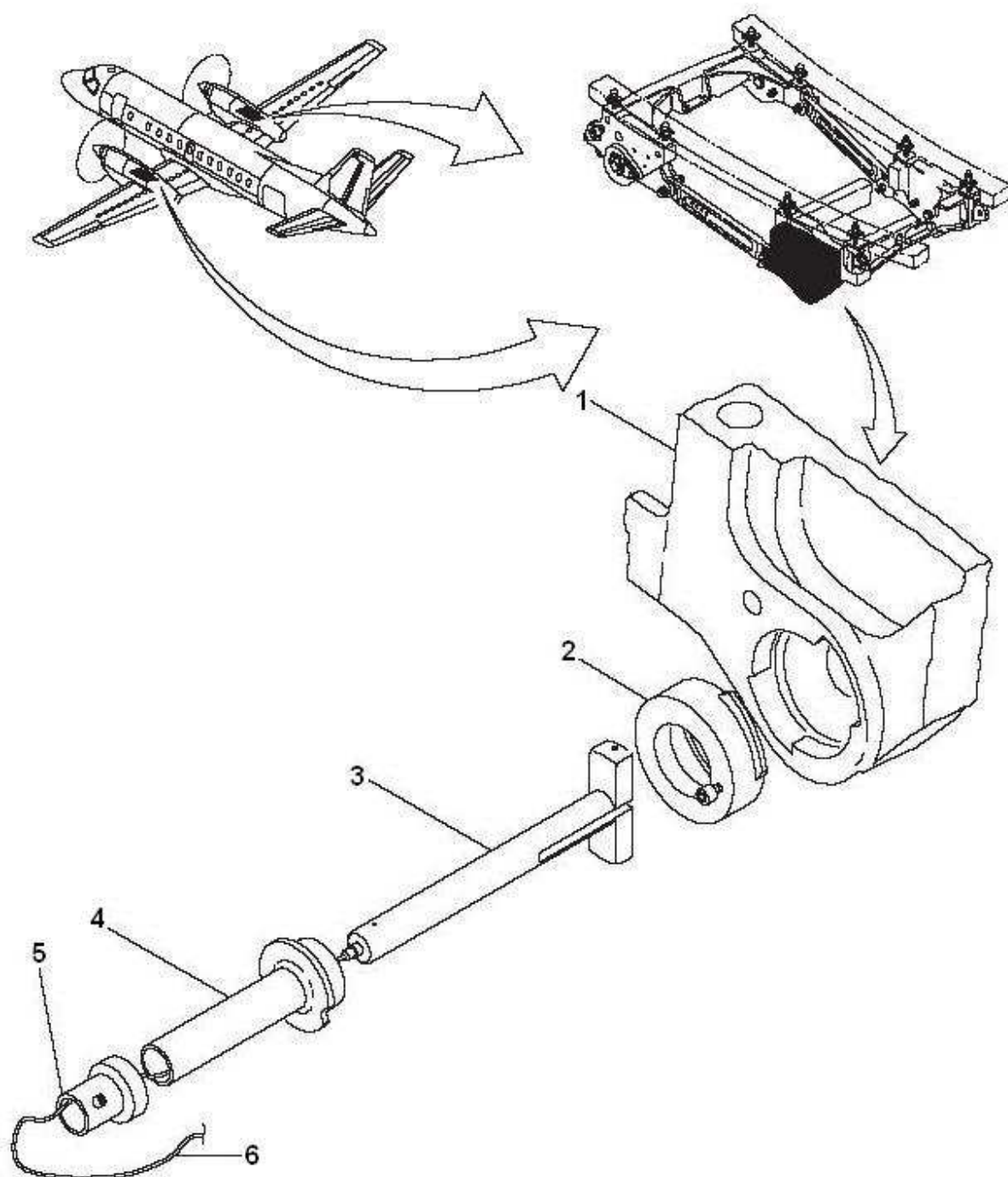
Další část kontroly se věnuje oblasti B ložiskových pouzder. Před zahájením samotného měření je nutné zkalibrovat sondu. Postup kalibrace je totožný s kalibrací před prvním měřením jen s tím rozdílem, že kalibrujeme sondu TÖV 2 915990. Tuto kalibraci popisuje obr. 4.5.6.



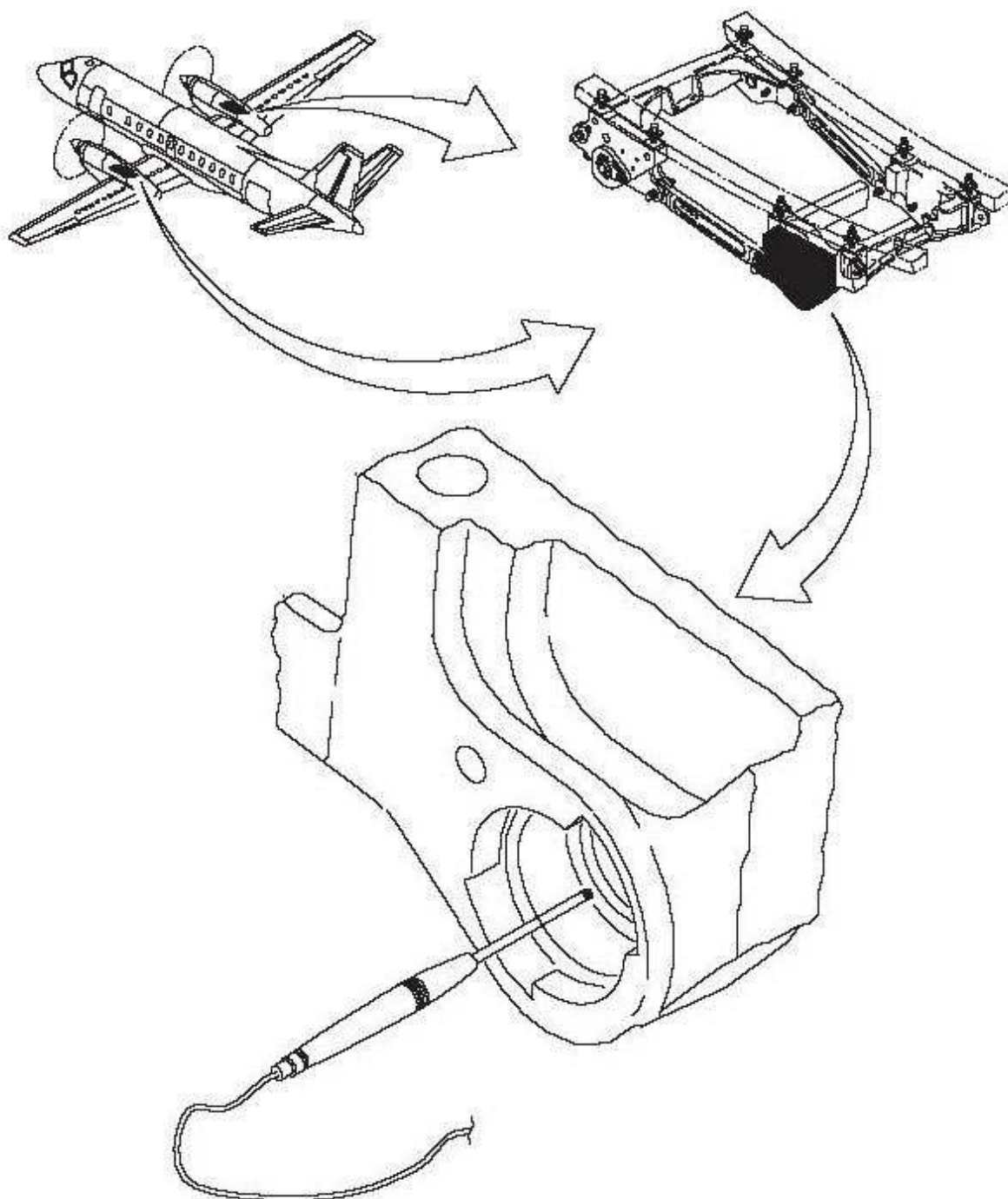
Obr. 4.5.7 Detekce koroze v oblasti B

Po kalibraci sondy TÖV 2 915990 můžeme přistoupit ke kontrole oblasti B ložiskového pouzdra (viz. obr. 4.5.9). Sondy zasuneme do ložiskového pouzdra a nastavíme zařízení pro měření. Poté sondou projíždíme celou oblast a při tom sledujeme vliv okraje ložiskového pouzdra na měření. Po skončení měření provedeme ještě kontrolní kalibraci tak, že sondu zasuneme do kompenzačního podstavce a zkontrolujeme správnost detekce kontrolního vrubu podle obr. 4.5.6 (min. 40% měřicího rozsahu). Hodnocení této kontroly probíhá podle stejných podmínek jako měření oblasti A, uvedených výše.

Tímto je NDT inspekce u konce. Pokud nebyly nalezeny žádné trhliny nebo koroze je možné provést zpětnou montáž. Pokud ovšem inspekce odhalila nějaké korozní napadení je nutné jej neprodleně odstranit (např. dle postupu dle bodu 5.2).



Obr. 4.5.8 Složení sondy TÖV 1 915990 pro kontrolu oblasti A



Obr. 4.5.9 NDT inspekce oblasti B pomocí sondy TÖV 2 915990

5. Metody odstranění koroze

Pokud je během korozních kontrol na letadle zjištěno korozní napadení je nutné bezprostředně odstranit a dané místo LT dále ošetřit, aby se snížila šance dalšího nebo opětovného korozního napadení na minimum.

5.1 Příprava a bezpečnost práce

Před zahájením opravy místa LT napadeného korozí musíme zajistit splnění nutných bezpečnostních požadavků. Před zahájením prací tedy zajistíme:

- Uzemnění letadla
- Odpojení baterií
- Ochranu statických portů, vstupních a drenážních otvorů před poškozením nebo zanesením odpady po opravě
- Ochranu pohybových prvků konstrukce (např. pohybové šrouby nebo hydraulické písty)

Výše uvedené body jsou nutné k zajištění letadla především proti poškození, vzniklých jako důsledek činností nutných pro odstranění koroze a následné protikorozní ochrany. Takovými poškozeními mohou být např. výboje statické elektřiny nebo mechanická poškození způsobená např. neopatrnou manipulací s brusku při broušení korozního napadení.

Pro personál provádějící opravy míst zasažených korozním napadením je nutné zajistit prostředky pro hygienickou ochranu, tedy hlavně brýle chránící zrak, respirátor a ochranný oblek při mechanickém odstranění koroze a gumové rukavice společně s brýlemi a ochranným oblekem při chemické metodě odstranění koroze. Podrobný seznam všech těchto prostředků se také uvádí v SRM nebo AMM daného typu letadla v částech, které se věnují metodám odstranění koroze.

Dále je třeba zajistit dobrý přístup k místu korozního napadení:

- Odstraněním dílů a částí LT z místa opravy (např. izolace, kabely atd.)

- Místo musí být suché a zbavené mastnot (vazeliny, oleje) a také např. těsnící hmoty, tmely a nátěry.

Nyní, když je místo s korozním napadením čisté, přistoupíme k určení typu koroze, rozsahu a podle hloubky korozního napadení závažnosti koroze (dle bodu 3). Podle výsledků stanovíme, zda má konkrétní díl LT poškození z dovoleného rozsahu poškození a je jej tedy možno uvolnit do provozu, anebo je poškození takového rozsahu, který vyžaduje opravu. Během této opravy musíme dbát na to, aby byly pečlivě odstraněny všechny korozní produkty. Pokud se tak nestane hrozí pokračování korozního děje, a to dokonce i pod obnoveným nátěrem. Ve speciálních případech se může koroze rozšířit i do takové míry, že zapříčiní ztrátu strukturální integrity napadeného dílu LT.

5.2 Mechanická metoda

Mechanická metoda je nejčastěji používanou pro odstranění koroze, její výhodou je to, že nemění chemické podmínky na povrchu materiálu jako metoda chemická. Pro provedení opravy korozního napadení mechanickou metodou je nejprve nutné určit správný postup opravy, hlavně v závislosti na tom jaký materiál opravujeme. Některé materiály totiž vyžadují speciální přístup, hlavně z hlediska protipožární ochrany (titanové nebo hořčikové slitiny) a na některých materiálech není dovoleno odstranění koroze vůbec (např. vyvažovací tělíska z uranu) a daný díl musí být vyměněn.

Odstranění koroze můžeme provést ručně nebo s využitím ručního elektrického nářadí. Při ručním broušení se využívají gumové podložky s brusným papírem nebo např. Scotch Brite. Dále pak můžeme využít rotační, vibrační a orbitální brusky. Při jejich použití platí zásada pracovat s vysokými otáčkami a malým přítlakem na brusku. Tím je zajištěno co nejmenší poškození zdravého materiálu v okolí místa koroze.

Odstranění koroze má za úkol zjemnění nebo vyleštění povrchu, odstranění ostrých hran, které způsobují koncentraci napětí. Po výše uvedených operacích je dané místo hodnoceno s ohledem na limit povoleného poškození dle SRM daného typu LT a také se zjišťuje tloušťka původního zdravého materiálu. To lze provést např. NDT kontrolou pomocí ultrazvuku.

Jako příklad popisu odstranění koroze mechanickou metodou je níže uveden postup odstranění koroze z ložiskových pouzder podvozkových noh dle SB 57 – 036 pro letoun

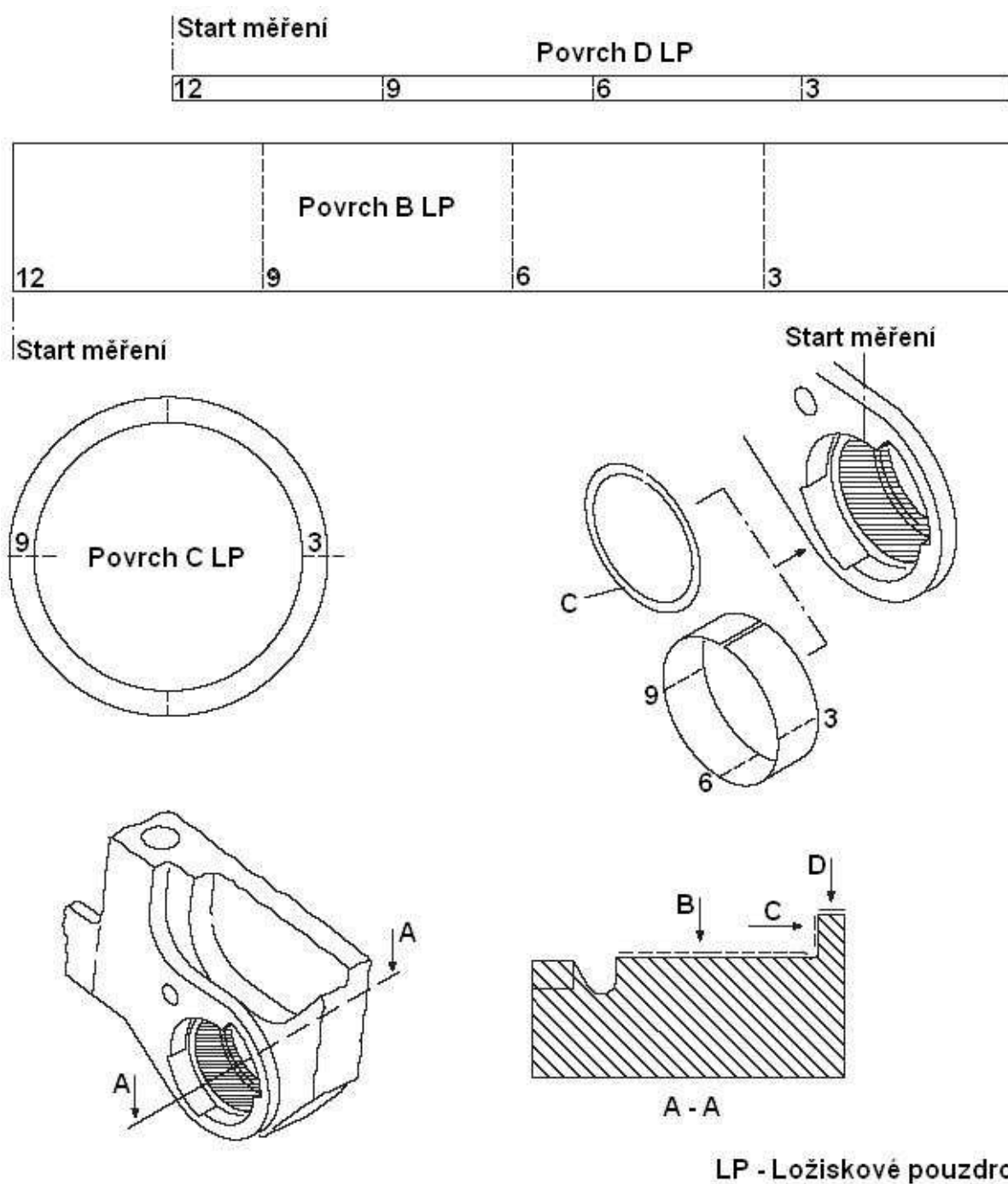
SAAB 340. Jedná se o odstranění případného korozního nálezu po provedení NDT inspekce uvedené v bodě 4.5.

Před samotnou opravou musíme určit hloubku korozního nálezu a z toho vyvodit metodu, jak korozi odstraníme. Pokud se jedná o lehké korozní napadení, tedy zasahující do hloubky maximálně 0,15 mm, korozi odstraníme ručním leštěním pomocí Scotch Brite typu A. Když je ovšem korozní napadení mírné nebo vážné, tedy zasahující do hloubky více než 0,15 mm, použijeme jemný nebo velice jemný diskový nebo kotoučový brousek a opatrně odstraníme korozní napadení. Brousíme pouze do odstranění korozních projevů. Pro vyleštění použijeme Scotch Brite Tycro typu A. V okolí opravovaného místa poté vybrousíme a přešetíme plynulé přechody až po nepoškozený povrch. Po tomto kroku provedeme kontrolu pod zvětšovací sklem na úplné odstranění koroze.

Po výše uvedených opravách následuje vyčištění ložiskového pouzdra vlnou namočenou v MEK a opětovná NDT kontrola celého ložiskového pouzdra jako v bodě 4.5. Pokud jsou touto kontrolou zjištěna nějaká korozní napadení, musí být tato zaznamenána do záznamu podle obr. 5.2.1 a pro další konkrétní informace je nutné kontaktovat SAAB.

Pokud ale kontrola pomocí vířivých proudů neodhalí žádné zbytky korozního napadení pokračujeme dalším krokem. Sejmeme pomocí dentálního vosku typu 60059 nebo podobného otisk ložiskového pouzdra: nahřejeme vosk (horkovzdušnou pistolí nebo zapalovačem; bod tání vosku je 55°C), vložíme jej do ložiskového pouzdra a lehce přitlačíme. Vosk necháme cca 45 sekund ztuhnout a poté jej vyjmeme z ložiskového pouzdra. Voskový otisk proměříme posuvným měřítkem, mikrometrem nebo mikroskopem a podle nálezu stanovíme další postup:

- Hloubka poškození nebo koroze je menší nebo rovna 0,15 mm a nepřesahuje 15 % plochy ložiskového pouzdra (podle obr. 4.5.1). V tomto případě byla oprava úspěšná a ložiskové pouzdro můžeme uvolnit do provozu.
- Hloubka poškození nebo koroze větší než 0,15 mm ale menší než 1,1 mm. Pokud uvedená poškození nebo koroze nepřesáhnou 30 % plochy je možné ložiskové pouzdro uvolnit k dalším 4000letům do opravy. Když ale poškození nebo koroze přesáhnou 30 %, je nutné toto zaznačit do záznamu podle obr. 5.2.1 a kontaktovat SAAB.
- Hloubka přesahuje 1,1 mm. Všechny poškození a korozní napadení zaznamenáme do schématu dle obr. 5.2.1 a kontaktujeme SAAB.



Obr. 5.2.1 Schéma pro záznam koroze a poškození ložiskových pouzder podvozkových noh.

5.3 Chemická metoda

Tato metoda je používána zřídka a nedoporučuje se pokud lze odstranění koroze zajistit mechanickou metodou. Její použití musí být v souladu s instrukcemi výrobce daného typu LT anebo organizace zajišťující opravu. Při práci s chemikáliemi je nutné dbát bezpečnosti práce, požárních směrnic a používat ochranné prostředky (brýle, oblek a gumové rukavice). Je zde také nebezpečí poškození okolního materiálu účinkem chemických látek.

5.4 Ochrana opravovaných míst

Po odstranění koroze je nutné provést důkladnou kontrolu úplnosti odstranění koroze z opravovaného místa, např. pomocí penetrační metody anebo vizuálně pomocí zvětšovací lupy. Po této kontrole následuje aplikace prostředků chránících holý základní kov v opravovaném místě před obnovením korozního napadení. Mohou to být barvy, maziva, látky odpuzující vodu anebo také galvanicky nanášené povlaky jiných kovů a jejich oxidů.

Mazání dílů LT, mimo svoji hlavní úlohu – snížení tření na pohyblivých součástech, znemožňuje vznik koroze, tím že zamezí přístup vodě na dané místo. Pečlivé obnovení a kontrolu mazání je třeba provést po každém vysokotlakém mytí nebo mytí párou a zajistit tak dostatek maziva pro daný pohyblivý prvek.

Specifickou skupinu antikoročních prostředků tvoří látky zpomalující korozi (CIC). Pro leteckou techniku jsou používány např. produkty Dinitrol. Níže jsou uvedeny vlastnosti a použití prostředku Dinitrol AV 30.

DINITROL AV 30

AV 30 je látka zpomalující korozi s výbornou přilnavostí, odpuzující vodu. Na povrchu chráněného dílu LT vytváří rovnoměrný voskový film o nízké plošné hmotnosti. Používá se na lakované i nelakované povrchy dílů LT náchylných ke korozi (viz. bod 3.1). AV 30 se na díly LT nanáší stříkáním (doporučeno pro nejlepší korozní ochranu), natíráním nebo namáčením dílu, konkrétní postup a podmínky nanášení ovšem určí SRM daného typu letadla. Při nanášení stříkáním musíme dbát na to, abychom nenastříkali pohyblivé části LT. Odstranění filmu AV 30 je možné rozpouštědlem AV 980.

Vlastnosti AV 30

• Teplota vznícení:	min. 47°C
• Obsah netěkavých látek	min. 53% hmotnosti
• Hustota	890 ± 20 kg/m ³
• Výtěžnost	17 m ² /litr při tloušťce filmu 30 µm
• Pracovní teplota	min. 15°C
• Skladovací teplota	5 - 30°C
• Expirační doba	24 měsíců
• Barva filmu	hnědá transparentní
• Charakteristická hmotnost filmu	30 g/m ²
• Tloušťka filmu	cca 30 µm
• Doba vytvrzení	min. 3 hodiny

Souhrnně nesmí být CIC prostředky aplikovány na:

- Kyslíkové systémy a zařízení
- Povrchy vystavené provozní teplotě 300°F a vyšší
- Elektrické kontakty a konektory
- Mazané povrchy a spoje
- Řídící lana a kladky
- Teflonová ložiska
- Silikonové gumy (těsnění dveří, O-kroužky, gumové svorky)

6. Efektivita a ekonomika nových metod vyhledávání koroze

Navrhované metody (bod 4) je možné dle výše uvedeného hodnotit jako metody, které zvyšují efektivitu prací spojených s vyhledáváním koroze na konstrukci letadel. Svým širokým spektrem použití velmi napomáhají ke kvalitnějšímu vyhledání korozních napadení a tím tedy dělají provoz letecké techniky bezpečnější. Rovněž kontrola úplnosti odstranění koroze je při použití uvedených metod velmi kvalitní a také tak povznáší úroveň údržby letecké techniky výše.

Ovšem použití těchto metod a zařízení k nim nutných není jen úzce specializováno na vyhledávání koroze. Se všemi uvedenými metodami bychom se mohli setkat i při kontrole dílů LT na poškození, hlavně vrypy nebo trhliny. Další možné uplatnění by bylo možné nalézt ve vstupní NDT kontrole materiálu (hlavně na vady vnitřní struktury) sloužícího k opravám LT. Takto se nám velmi rozšiřuje oblast použitelnosti a snižují se tak náklady vynaložené na pořízení technologií a na kvalitní vyškolení obsluhujícího personálu.

Hlavní ekonomický přínos pro firmu, která si pořídí technologii pro navrhované metody, je snížení podílu prací prováděných kooperací s jinými firmami. Jedná se jak o přímé náklady spojené s provedením dané operace, tak i o další náklady vynaložené na plánování a případnou dobu čekání na uvolnění pracovníků kooperační firmy. Uvedená finanční situace bude samozřejmě s postupem času stále více umocňována vlivem stále se rozšiřujícího zavádění navrhovaných NDT metod do údržby letadlové techniky. Současná investice do těchto technologií je tedy jakousi symbolickou zárukou budoucí prosperity firmy.

7. Závěr

Jako cíl této práce jsem si vytyčil vyhledání nových metod pro vyhledávání koroze na draku letadel. Je jasné, že metody které jsem uvedl se již nějaký čas používají a bylo tedy možné uvést zde teoretickou rovinu jednotlivých metod a také příklad použití z praxe. Tento text by tedy měl sloužit spíše jako vodítko při dalším rozšiřování daných metod při údržbě letadel.

Přesto tato práce může být brána jako srovnání především vizuální metody vyhledávání koroze, která je v současnosti společně s penetrační metodou nejpoužívanější, a moderních metod, hlavně metody vířivých proudů a ultrazvuku. V jednotlivých statích byly popsány výhody i nevýhody pro každou metodu a příklady jejich specifických použití.

Rovněž z ekonomického hlediska a hlediska efektivity vychází navrhované metody dobře a nezbyvá než je doporučit pro používání při provádění údržby letadlové techniky a celků.

Poděkování

Závěrem bych chtěl poděkovat všem těm, kteří se jakoukoli měrou podíleli na zdárném vypracování této bakalářské práce. Největší dík tedy patří panu Ing. Petrovi Kolarczykovi, který mou práci vedl. Chci také poděkovat pracovníkům firmy JOB-AIR a. s., jmenovitě pánové František Tuček a Jiří Brus, kteří mi poskytli materiály a rady potřebné k dokončení této práce. Velký dík patří také mým rodičům, kteří mne podporovali celou dobu studia.

8. Seznam použité literatury

- [1] Structural repair manual Boeing 737, Seattle USA, Boeing commercial airplanes group, 1997
- [2] Service bulletin 57 – 036 Saab 340, vydán leden 2002
- [3] Výukové prezentace školicího centra firmy JOB – AIR a.s.
- [4] Kopec, B. a kol.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí*, CERM Brno, 2008
- [5] Internetové stránky:

www.atg.cz

www.ndttrade.cz

www.defektoskopie.cz

www.tm-technik.cz

www.vscht.cz







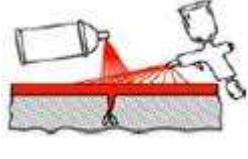

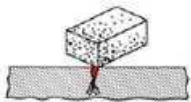


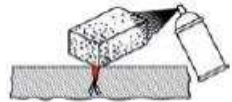




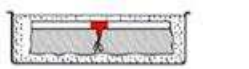



www.wikipedia.cz

www.osel.cz

9. Přílohy

Příloha 1:

Schématicky zobrazený postup při korozní kontrole pomocí penetrační metody

Čištění	 Mechanicky, kartáčem	 Proudem vzduchu	 Odmaštění parou	 Čištění rozpouštědlem
Nanesení penetrantu	 Ponoření do vany	 Nátěr štětcem	 Nanesení sprejem, nastříkáním	 Nanesení elektrostatičt
Mezi čištění	 Odsávání kusem navlhčenou látky nebo houbou	 Vodou navlhčeným štětcem	 Omytí vodou	 Odsávání kusem látky nebo houbou s čističem
Sušení	 Osušení na vzduchu	 Setření kusem látky	 Vyfoukáním čistým vzduchem	 Osušení horkým vzduchem
Nanesení vývojky	 Ponoření do vývojky	 Nanesení vývojky sprejem, nastříkáním	 Elektrostatičt	 Nanesení suchého prášku vývojky rozprášením, vířením
Hodnocení a dokumentace	<p>Prohlídka povrchu při osvětlení bílým světlem 500 Lux</p> <p>Když je použitý fluorescenční penetrant, postačuje intenzita 20 Lux bílého světla a UV je $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$</p>			
		Přiložením adhezční fólie	Fotografování	Dokumentování pomocí videokamery

Příloha 2:

Schéma SB 57 – 036 pro letoun SAAB 340

